



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta stavební
Katedra konstrukcí pozemních staveb**

**Klimaticky neutrální bytový dům
Climate neutral residential house**

Diplomová práce

Bc. Jan Malát

Studijní program: Budovy a prostředí (BP)

Studijní obor: Budovy a prostředí (B)

Vedoucí práce: Ing. Antonín Lupíšek, Ph.D.

Praha 2018



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Malát Jméno: Jan Osobní číslo: 412724
Zadávací katedra: K124
Studijní program: Budovy a prostředí
Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Klimaticky neutrální bytový dům
Název diplomové práce anglicky: Climate neutral residential house

Pokyny pro vypracování:

Cílem práce je vypracovat stručnou rešerši klimatických cílů, aplikovat je na podmínky ČR a na základě toho stanovit emisní požadavky na novostavbu rodinného domu ve dvou konstrukčních variantách. Následně navrhnout energetický koncept domu tak, aby požadavek splnil. Může se jednat o existující návrh, který se bude upravovat, nebo může návrh vzniknout v rámci práce.

1. Rešerše klimatických cílů a závazků
2. Stanovení emisních požadavků na typický rodinný dům
3. Jednoduchá architektonická studie rodinného domu
4. Energetický koncept domu ve dvou variantách
5. Vypracování základní výkresové dokumentace – půdorysy, řezy, pohledy
6. Porovnání variant a diskuse

Seznam doporučené literatury:

-

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Antonín Lupíšek, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 27.9.2017

Termín odevzdání diplomové práce: 7.1.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

27.9.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a všechny použité prameny a literatura jsou uvedeny v seznamu citované literatury.

V dne

.....

podpis

Poděkování

Poděkování patří hlavně mému vedoucímu diplomové práce Ing. Antonínu Lupíškovi, Ph.D. za cenné rady a informace při tvorbě diplomové práce. Velké díky také patří dalším konzultantům, panu Ing. arch. Vojtěchu Dvořákovi za cenné rady při práci na architektonické studii a také panu Ing. Miroslavu Urbanovi, Ph.D. za pomoc při tvorbě energetického konceptu.

Abstrakt

Jako předloha pro diplomovou práci sloužila klimatická konference pořádaná v roce 2015 v Paříži. Při této konferenci byla ze strany zúčastněných zemí schválena dohoda, která si klade za cíl omezit emise skleníkových plynů a zabránit tak velkým klimatickým změnám. Cílem této diplomové práce bylo vypracování stručné rešerše klimatických cílů a aplikovat je na podmínky České republiky. Na základě těchto limitů skleníkových plynů byla vypracována architektonická studie rodinného domu tak, aby byly dané emisní limity splněny. Pro architektonickou studii rodinného domu byly následně stanoveny dvě konstrukční varianty, na které byl vypracován environmentální profil konstrukcí. Diplomová práce tak představuje architektonický návrh a koncept rodinného domu s nízkou uhlíkovou stopou a s nízkým dopadem na životní prostředí. Projekt byl primárně zpracován v programu Archicad, stanovení environmentálního profilu konstrukcí bylo provedeno pomocí metody národního certifikačního nástroje SBToolCZ. Jednotlivé parametry stavebních materiálů a jejich míry dopadu na životní prostředí byly stanoveny dle platformy Baubook.

Klíčová slova

rodinný dům, architektonická studie, globální oteplování, environmentální profil konstrukce

Abstract

The inspiration for my diploma thesis was The UN Climate Change Conference Paris 2015. The participating countries agreed on reducing emissions of greenhouse gases to prevent global climate change. The aim of this diploma thesis was to do a research of climatic objectives, and to adapt them to specific conditions in the Czech Republic. On grounds of the limits for greenhouse gases, I designed an architectural study of a family house. Consequently, I created two constructional variants with the environmental profiles of their design. Therefore, my diploma thesis represents an architectural study of an environmentally friendly structure with a low carbon track. I developed this project mostly with the program Archicad. For designing of the environmental profiles, I used the national certification tool SBToolCZ. The individual parameters of the building materials and the extent of their environmental impact were determined according to the platform Baubook.

Keywords:

family house, architectural study, global warming, environmental profile of structure

Obsah

1. ÚVOD	9
1.1 Globální oteplování	9
1.2 Pařížská klimatická dohoda	11
1.3 The Emissions Gap Report	11
1.4 Stanovení emisních požadavků na rodinný dům	13
2. STUDIE RODINNÉHO DOMU	15
2.1 Úvod.....	15
2.1.1 Základní principy pasivního domu	15
2.1.2 Kvalita architektonického návrhu versus šetření energií	16
2.2 Rozbor území a okolí rodinného domu	20
2.3 Základní úvahy o hmotovém řešení Rodinného domu	21
2.3.1 Rozbor umístění stavební parcely	21
2.3.2 Půdorysné řešení rodinného domu	22
2.3.3 Hmotové řešení rodinného domu	25
2.3.4 Fasáda rodinného domu	27
2.4 Dispoziční řešení rodinného domu.....	29
2.4.1 1NP	29
2.4.2 2NP	30
2.5 Volba pohledových materiálů fasády	31
2.6 Vizualizace.....	33
3. STANOVENÍ ENVIRONMENTÁLNÍHO PROFILU.....	36
3.1 Úvod.....	36
3.2 Metodika výpočtů	36
3.3 LCA	36
3.4 Environmentální databáze	37
3.4.1 Databáze Baubook.....	38
3.5 Metodika SBTToolCZ.....	38
3.5.1 Postup při výpočtu	39
3.5.2 Postup při výpočtu – výrobní fáze – výběr finálních variant materiálů.....	39
3.5.3 Postup při výpočtu – výrobní fáze – celkový environmentální profil	40
3.5.4 Postup při výpočtu – fáze provozu – provozní emise	41
3.6 Environmentální vyhodnocení variant.....	42
3.6.1 Skladby konstrukcí.....	42
3.6.2 Zdroj tepla	48
3.7 Celkové environmentální vyhodnocení.....	50
3.7.1 Varianta 1 – přírodní materiály z obnovitelných zdrojů.....	52
3.7.2 varianta 2 – převážně syntetické materiály z neobnovitelných zdrojů.....	56

3.7.3	Fáze provozu	60
3.7.4	Výsledky environmentálních výpočtu	61
4.	KONSTRUKČNÍ NÁVRH RODINNÉHO DOMU	63
4.1	Obecný popis	63
4.2	Konstrukční schéma	63
4.3	Popis konstrukcí	64
4.3.1	Podlahová konstrukce v kontaktu se zeminou	64
4.3.2	Obvodová stěna	65
4.3.3	Podlaha 2 NP	65
4.3.4	Střešní konstrukce	66
4.3.5	Vnitřní dělicí konstrukce	66
5.	ENERGETICKÝ KONCEPT A TECHNICKÉ SYSTÉMY	67
5.1	Koncept TUV a vytápění	67
5.2	Koncept produkce a dodávky elektrické energie	68
5.3	Koncept větrání	69
5.4	Energetická bilance	69
5.4.1	Roční bilance produkce fotovoltaických panelů	69
5.4.2	Celková roční bilance energie	70
ZÁVĚR		72
SEZNAM OBRÁZKŮ:		74
SEZNAM TABULEK:		75
SEZNAM PŘÍLOH:		76
LITERATURA		77
PŘÍLOHOVÁ ČÁST		

1. Úvod

Ve výběru tématu diplomové práce mě ovlivnily oba dva studijní programy. Na bakalářském studiu to byl obor architektonického směru a na magisterském studiu obor spojený s udržitelnou výstavbou budov a energetickou náročností budov. V diplomové práci, jakožto závěrečné práci celého studia, jsem chtěl spojit znalosti z těchto dvou studijních oborů a vytvořit projekt začínající tvorbou architektonické studie, vymyšlením základního energetického konceptu budovy a končícím vytvořením základní výkresové dokumentace ve stupni dokumentace pro stavební povolení s několika vybranými detaily. Téma vedoucího práce pana Ing. Antonína Lupíška Ph.D. mi také rovněž přišlo zajímavé.

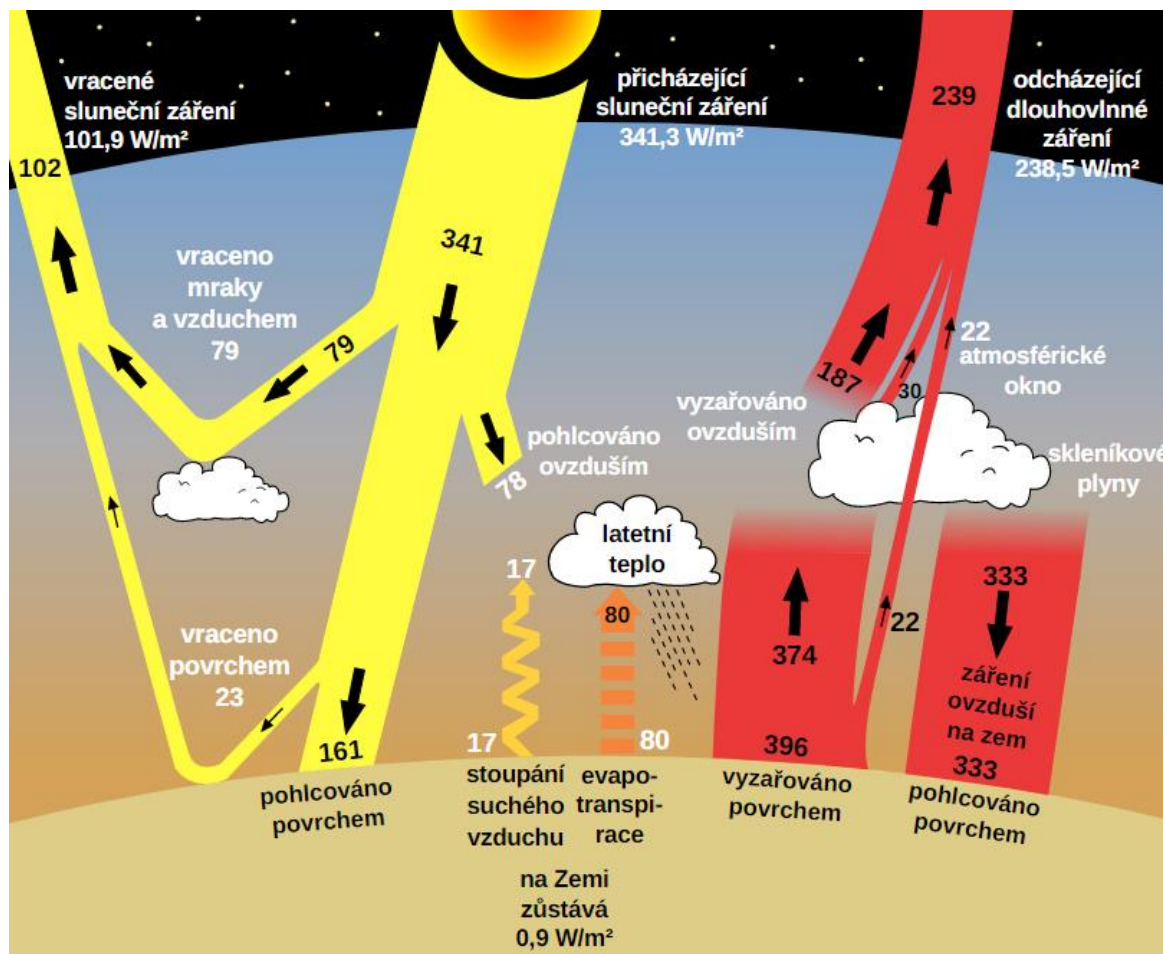
Motivací k vypracování diplomové práce byl podklad studie The Emissions Gap Report, který pojednával o globálním oteplování. Má-li se globální růst povrchové teploty země udržet pod 2 °C, musí se výrazně snížit emise skleníkových plynů [1]. Podle odhadů se stavebnictví na produkci skleníkových efektů podílí měrou až z 40 % [2]. Je tedy zřejmé, že pokud chceme výraznou měrou přispět ke zlepšení životního prostředí a zabránit tak velkým klimatickým změnám, které souvisí právě s globálním oteplováním, ve stavební sektoru se to jistě musí projevit. Studie The Emissions Gap Report byla vypracována na základě klimatické konference konané v Paříži roku 2015, kde se jednalo o snížení globální produkce skleníkových plynů.

1.1 Globální oteplování

Globální oteplování je v současné době jeden z nejpálčivějších problémů. V důsledku globálního oteplování se za posledních několik desítek let odehrály poměrně velké klimatické změny. Mezi hlavní negativa globálního oteplování naší planety patří bezesporu tání ledovců, s tím související růst hladiny moří, změny klimatu jednotlivých částí zeměkoule a úhyn různých živočišných druhů. Globální oteplování vzniká v důsledku skleníkového efektu země.

Skleníkový efekt je proces, při kterém je sluneční záření poměrně snadno propuštěno atmosférou k zemi, ale tepelné záření o větších vlnových délkách vyzařované zpět z povrchu země atmosféra absorbuje a pohltí. V důsledku toho je tepelnému záření zabráněno k okamžitému úniku zpět do atmosféry a teplo tak

zůstává v blízkosti zeměkoule. Skleníkový efekt je přirozenou součástí života na zemi a bez jeho existence by nebylo možné zemi obývat [3].



Obrázek 1 - Schéma skleníkového efektu [3]

Tento efekt vzniká díky koncentraci skleníkových plynů, jako je oxid uhličitý, methan, oxid dusný a fluorované plyny. Nejvíce rozšířeným skleníkovým plynem je oxid uhličitý, který se vyskytuje v atmosféře až z 63 %. Tyto plyny v běžné koncentraci, v období před velkou průmyslovou revolucí, nepředstavovaly pro život na zemi velký problém a přispívaly k rovnováze klimatu. Avšak s nástupem technologií a zvýšením produkce zmíněných plynů vlivem lidské činnosti došlo k zesílení skleníkového efektu, a v jeho důsledku i ke zvýšení průměrné zemské teploty [4].

Vědci rovněž tvrdí, že pokud se průměrná globální teplota zvýší o více než $2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ v porovnání s teplotou v předindustriálním období, znamenalo by to mnohem vyšší riziko, že nastanou nebezpečné a možná dokonce katastrofické

změny v životním prostředí. Z tohoto důvodu se mezinárodní společenství shodlo na nezbytnosti udržet oteplování pod hranicí 2 °C [4].

1.2 Pařížská klimatická dohoda

Pařížská klimatická konference byla uskutečněna v Paříži v roce 2015. Po skončení konference byla sepsána dohoda zúčastněných států, která vstoupila v platnost dne 4. 11. 2016. Dohoda si klade jako dlouhodobý cíl nepřekročit růst povrchové globální teploty o více než 2 °C v porovnání s předindustriálním obdobím a v největší možné míře usilovat a přiblížit se hodnotě 1,5 °C. Ukládá povinnost všem zúčastněným státům stanovit si vnitrostátní limity a redukovat množství již zmíněných skleníkových plynů. Česká republika se jako člen Evropské unie zavázala snížit množství skleníkových plynů o 40 % oproti roku 1990 do roku 2030 [5].

1.3 The Emissions Gap Report

Jedná se o nezávislou vědeckou studii pravidelně publikovanou od roku 2010, která se zabývá globálním oteplováním a prověřuje, zda dané limity a redukce skleníkových plynů budou stačit k udržení dlouhodobých cílů tak, aby nedošlo k velkému nárůstu globální povrchové teploty. Poslední vydání tohoto dokumentu bylo vydáno v roce 2016 v reakci na Pařížskou klimatickou dohodu a prověřuje, zda s danými limity můžou členské státy uspět v boji proti globálnímu oteplování. V posledním vydání byly představeny limity a redukce emisí skleníkových plynů, při kterých, pokud by je jednotlivé státy dodržely, by se mělo předejít růstu teploty o více než 2 °C. Studie také stanovila limity skleníkových plynů pro odvážnější cíl a to zastavení růstu teploty o více než 1,5 °C [1]. Obě studie a jejich limity byly vyčísleny ve dvou různých jednotkách a to emise skleníkových plynů [GtCO₂e/rok], která zahrnuje všechny skleníkové plyny přispívající ke globálnímu oteplování a jednotkou emisí CO₂ [GtCO₂], která zahrnuje rozpočet pouze pro oxid uhličitý, který se na globálním oteplování podílí největší měrou [2]. Tyto hodnoty vědecké studie jsou vypočítány pro udržení dlouhodobých cílů do roku 2100. Výsledky jsou poměrně přísné, a na konci studie v roce 2100 pro udržení jednotlivých dlouhodobých cílů, tyto hodnoty vycházejí dokonce v minusových hodnotách. Minusové hodnoty v environmentálních výpočtech vycházejí dle druhu jednotlivých metod postupu

pouze u přírodních materiálů. Je to dáno tím, že pouze přírodní materiály mají schopnost pohlcovat oxid uhličitý ve fázi růstu. V celkové bilanci jsou tak schopny před zpracováním pohltnout více oxidu uhličitého, než vyprodukují při své konverzi na stavební materiál. Z výsledků je tedy zřejmé, že pro udržení dlouhodobých cílů, zastavení růstu teploty pod 2 °C a přiblížení jejímu odvážnějšímu cíli, zastavení růstu do 1,5 °C musí lidstvo změnit způsob, jakým se doposud navrhovaly stavby. Za pomoci šetření energií a aplikace progresivních materiálů začít stavět více s ohledem na dopad na životní prostředí. Pro ukázkou přikládám tabulky publikované studií The Emissions Gap Report 2016. Tyto hodnoty jsou však přibližné a pracují pouze s určitou pravděpodobností a není proto jasné, zda i přes dodržení těchto limitů a redukcí skleníkových plynů jsme schopni přiblížit se k dlouhodobým cílům a zastavit tak růst povrchové globální teploty.

1.5°C (>50% in 2100)		Pathways limiting warming to below 1.5°C by 2100 with >50% probability Limited action until 2020 and cost-optimal mitigation afterwards			
Number of available scenarios: 6; Number of contributing modelling frameworks: 2 Year of global annual emissions becoming net zero† for: Kyoto greenhouse gases (GHGs): (2060-2080); total CO ₂ (including land use, land-use change and forestry (LULUCF)): (2045-2050); CO ₂ from energy and industry: (2045-2055)					
	Annual emissions of global total GHGs [GtCO ₂ e/year]				
Year	2020	2025	2030	2050	2100
median*	56	47	39	8	-5
range and spread**	53(-/-)56	46(-/-)48	37(-/-)40	4(-/-)14	-5(-/-)3
	CO ₂ carbon budgets [global total cumulative CO ₂ emissions in GtCO ₂]				
Time period	2015-2030	2030-2050	2050-2075	2075-2100	2015-2100
median*	552	236	-199	-353	217
range and spread**	503(-/-)567	178(-/-)259	-146(-/-)277	-288(-/-)372	71(-/-)383
2°C (>66% in 2100)		Pathways limiting warming to below 2°C by 2100 with >66% probability Limited action until 2020 and cost-optimal mitigation afterwards			
Number of available scenarios: 10; Number of contributing modelling frameworks: 4 Year of global annual emissions becoming net zero† for: Kyoto-GHGs: 2085 (2080-2090); total CO ₂ (including LULUCF): 2070 (2060-2075); CO ₂ from energy and industry: 2070 (2060-2075)					
	Annual emissions of global total GHGs [GtCO ₂ e/year]				
Year	2020	2025	2030	2050	2100
median*	52	48	42	23	-3
range and spread**	49(49/53)55	44(46/50)53	29(31/44)44	17(18/27)29	-11 (-9/-1)0
	CO ₂ carbon budgets [global total cumulative CO ₂ emissions in GtCO ₂]				
Time period	2015-2030	2030-2050	2050-2075	2075-2100	2015-2100
median*	533	362	70	-288	553
range and spread**	481(499/582)572	242(258/431)447	-97(-52/175)187	-120(-146/-327)-342	483(490/934)988
* Rounded to the nearest 1 GtCO ₂ e/year					
** Rounded to the nearest 1 GtCO ₂ e/year. Format: minimum value (20 th percentile/80 th percentile) maximum value – no percentiles are provided if less than 10 scenarios are available.					
† Rounded to nearest 5 years. Format: median (20 th percentile – 80 th percentile); (minimum – maximum) if less than 10 scenarios are available.					

Obrázek 2 - Limitní hodnoty jednotlivých indikátorů globálního oteplování [1]

1.4 Stanovení emisních požadavků na rodinný dům

Při stanovení emisních požadavků jsem vycházel z předchozí tabulky, kde jsem přebíral limitní hodnoty pro veličinu Emise skleníkových plynů [GtCO₂e/rok]. Definici této jednotky jsem převzal z webu Envimat.

Svázané emise CO₂ ekvivalentní, udávající ekvivalentní emise vyprodukované během celého životního cyklu daného výrobku nebo jeho části, způsobující skleníkový efekt. Ekvivalentní znamená, že se nejedná pouze o emise CO₂, ale také o emise dalších skleníkových plynů (např. metanu), jejichž skleníkový efekt je přepočítán na úroveň efektu CO₂. Udává se obvykle v kilogramech ekvivalentu CO₂ [kg CO₂, ekv.] [6].

Jednotka ze studie je vztažená na rok, takže jsem v mé studii vycházel z roční bilance a také jsem dále převedl jednotky z [Gt] na [kg], tak aby moje pozdější environmentální výpočty stavebních konstrukcí byly relevantní. Dále jsem při stanovení emisních limitů vycházel z odhadu podílu bytové výstavby na produkci skleníkových plynů, která byla dle předchozích průzkumů stanovena na podíl 23 % z celkové produkce skleníkových plynů [2]. K výpočtu jsem také potřeboval znát jednotlivé údaje o počtu obyvatel a budoucí predikovaný počet obyvatel na zemi do roku 2100. Při výpočtech jsem uvažoval hodnoty ze stránky Population Pyramid [7]. Roční limity skleníkových plynů jsem dále přenásobil běžným počtem obyvatel pro rodinný dům (uvažoval jsem 4 osoby) tak, abych měl stanoveny emisní limit pro celý rodinný dům.

Tabulka 1 - Roční limity CO₂, ekv.

ROČNÍ LIMITY SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ						
veličina	jednotka	2020	2025	2030	2050	2100
emisní limit na rok	[GtCO ₂ , ekv./rok]	52	48	42	23	-3
	[kgCO ₂ , ekv./rok]	5,2E+13	4,8E+13	4,2E+13	2,3E+13	-3E+12
populace na zemi	-	7,76E+09	8,14E+09	8,50E+09	9,73E+09	1,12E+10
emisní limit/populace	[kgCO ₂ , ekv./rok]	6702,62	5895,60	4940,73	2365,00	-267,55
podíl bytové výstavby na produkci emisí	%	23	23	23	23	23
emis. limit na jednoho obyvatele na jeden rok	[kgCO ₂ , ekv./rok]	1541,60	1355,99	1136,37	543,95	-61,54
emisní limit na běžný RD (4 obyvatelé)	[kgCO ₂ , ekv./rok]	6166	5424	4545	2176	-246

Při pozdějších environmentálních výpočtech jsem proto vycházel z jednotlivých hodnot zvýrazněných v předchozí tabulce výpočtu. Tyto emise skleníkových plynů jsem stanovil pro porovnání, abych při pozdějších environmentálních výpočtech hodnocených konstrukcí věděl, zda navržený dům na splnění emisních limitů vyhoví či nikoliv.

2. Studie rodinného domu

2.1 Úvod

Při návrhu novostavby rodinného domu jsem vycházel z podmínek mé diplomové práce tak, abych splnil jednotlivé emisní limity skleníkových plynů. Ve studii rodinného domu to tedy ovlivnilo zařazení do kategorie energetické náročnosti, kdy jsem vycházel z předpokladu, že objekt, který bude navržen s ohledem na co nejmenší roční spotřebou energie, bude produkovat nejméně emisí skleníkových plynů. Dále jsem předpokládal, že mi emisní limity ovlivní výběr materiálů, jak konstrukčních, tak pohledových.

Svázané emise skleníkových plynů ve fázi provozu vyprodukují mnohem více emisí než ve fázi výstavby, proto jsem usoudil, že s ohledem na co nejmenší energetickou náročnost budovy bude třeba navrhnout rodinný dům v pasivním standardu.

2.1.1 Základní principy pasivního domu

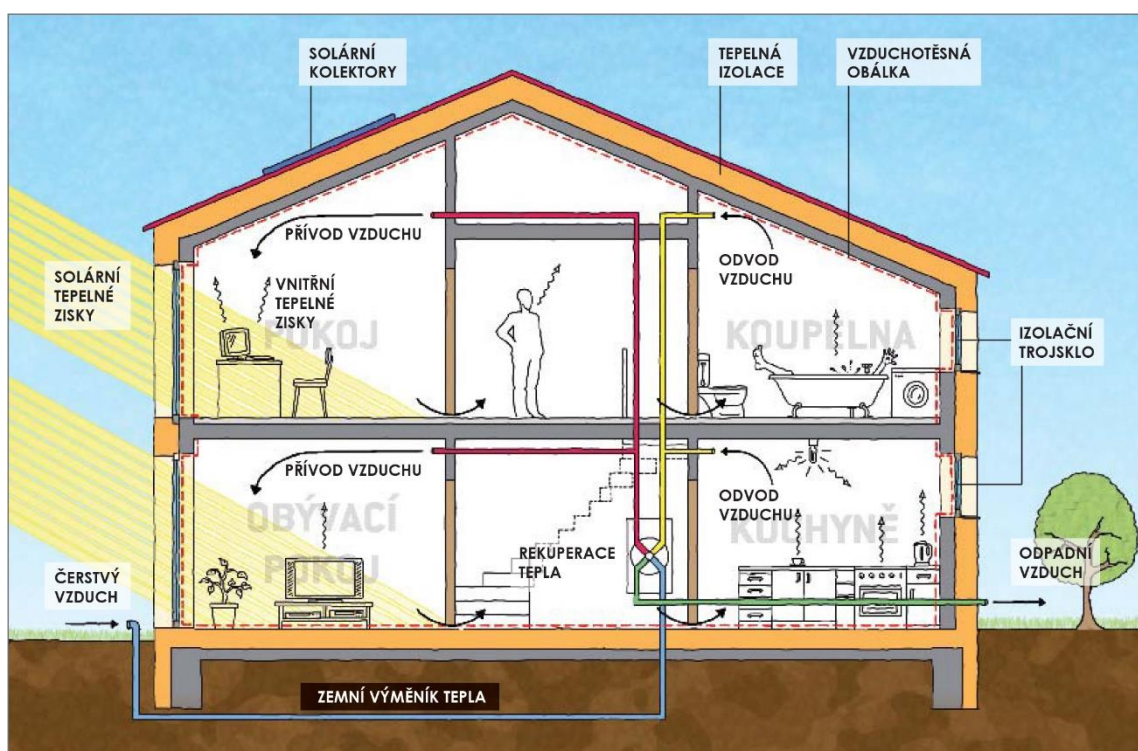
Název pasivního domu je odvozený z jeho vnitřních i venkovních pasivních tepelných zisků. V případě vnitřních tepelných zisků se většinou jedná o teplo ze spotřebičů, svítidel a osob. V případě venkovních pasivních tepelných zisků se nejčastěji jedná o pasivní solární zisky. Tyto zisky zůstávají v obálce objektu díky kvalitní tepelné izolaci a v zimním období z pravidla postačují k tomu, aby teplota v místnostech byla dostačující bez nutnosti dodávky velké tepelné energie.

Pasivní dům je založen na větší počáteční investici, avšak v průběhu let je tato investice z pravidla smazána díky nižším fakturám za dodanou energii na vytápění. Pasivní dům má řadu výhod, mezi nejhlavnější výhody se řadí vyšší komfort při bydlení, velmi nízké náklady na vytápění objektu, díky mechanickému větrání je v objektu stálý přísun čerstvého vzduchu a také je třeba zmínit, že pasivní dům má vyšší hodnotu na trhu s nemovitostmi.

Jako zdroj tepla slouží v pasivním domě především solární energie, která v zimě při nižší elevaci slunce, kdy sluneční paprsky pronikají hlouběji do interiéru, dokáže pokrýt významné množství tepelných ztrát. Z toho důvodu je nejlepší orientovat hlavní fasádu na jih tak, aby nebyla stíněna okolní zástavbou a mohla naplno využít potenciál solární energie.

Pro potřeby diplomové práce jsem převzal základní požadavky na pasivní dům z webových stránek organizace Centrum pasivního domu [8] :

- měrná roční potřeba tepla na vytápění je maximálně $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- neprůvzdušnost obálky budovy n_{50} ověřená tlakovou zkouškou nesmí překročit hodnotu $0,6^{-1}$, což znamená, že při přetlaku nebo podtlaku 50 Pa se nesmí za hodinu vyměnit netěsnostmi v obálce více než 60 % vnitřního objemu vzduchu
- celková potřeba primární energie spojená s provozem budovy včetně domácích spotřebičů je nižší než $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Primární energie vyjadřuje množství energie spotřebované při výrobě určitého zdroje i se ztrátami při distribuci, a tudíž nám dává komplexnější pohled na spotřebu dle zvoleného zdroje.



Obrázek 3 - Základní principy fungování pasivního domu [8]

2.1.2 Kvalita architektonického návrhu versus šetření energií

Ve studii jsem také chtěl prokázat, že i při současném trendu šetření energií a cestě k trvale udržitelnému rozvoji, jsme schopni při současných podmínkách navrhovat i s ohledem na určitou architektonickou kvalitu díla. Současný trend zateplování stávajících budov je dle mého názoru v České republice žalostný. Jediným kritériem pro investora je zcela jistě ekonomický rozpočet založený na počáteční investici a návratnosti v podobě ušetřené energie za vytápění budovy.

Mnohdy tak vznikají rekonstrukce budov, které jsou zateplený poměrně levným fasádním polystyrenem a výměnou starých netěsných oken za okna plastová. Vzniká tak nezdravé vnitřní prostředí, které není schopno propustit vodní páry a další škodlivé látky, které vznikají užíváním pobytových místností.

V současné legislativě České republiky také neexistují žádné regulativy na vzhled nově zateplené fasády, mnohdy tak vznikají rekonstrukce poměrně sytých pestrobarevných fasád bez výraznější snahy k začlenění objektu do kontextu okolních budov.

Dalším trendem zateplování budov v České republice je také odstranění původní textury štukové exteriérové omítky a zateplení fasádním kontaktním izolačním bez snahy o vytvoření nové fasády v duchu staré, původní členité textury. Příkladem může být i mediálně známá kauza rekonstrukce a zateplení základní školy v Kamenných Žehrovicích. [9]



Obrázek 4 - Stávající fasáda ZŠ v Kamenných Žehrovicích [9]



Obrázek 5 - Nová fasáda základní školy po rekonstrukci [9]

Je více než zřejmé, že u této rekonstrukce je na vině více faktorů při celém procesu zateplování základní školy. Od projektanta, který nemá dostatečný cit pro rekonstrukce historických fasád, po nedostatečnou osvětu ředitele základní školy, případně toho, kdo celou rekonstrukci schválil.

Je smutné, že většinou takovéto rekonstrukce vznikají za podpory některého z dotačních programů Evropské unie a peníze, které jsou poměrně snadno získány, se promarní tímto způsobem.

Myslím si, že kvalita architektury a hlavně peníze plynoucí do toho sektoru určují vyspělost dané země. Architektura tu je už od samých počátků stavitelství a mnohdy je spojena i s kvalitou bydlení a s tím, jak se v daném městě nebo státě cítíme. Je to obor stavitelství, kde by se neměl každý návrh či rekonstrukce přepočítávat jenom na úspory dodaných energií a následně na ušetřené peníze. Architektura je obor ve stavitelství, který nelze vyjádřit penězi.

Na druhou stranu si je dobré uvědomit, že od počátků Průmyslové revoluce docházelo poměrně k velkému plýtvání energií a šetrnější hospodaření s energiemi jistě zákonitě musí přijít. Lidstvo se nyní ocitlo na pomyslném milníku toho, jakým směrem se celé stavitelství bude v budoucnu ubírat. V době, kdy už víme, že v horizontu několika desítek let může dojít k vyčerpání některých fosilních paliv, na kterých je založeno fungování celé lidské společnosti, se musíme na tuto skutečnost připravit a začít lépe hospodařit s energiemi. Je dobré připomenout, že lidská společnost je už natolik vyvinutá, že disponuje vyspělými technologiemi, které nám v dnešní době už umožňují naplno stavět s ohledem na trvale udržitelný rozvoj.

Je jasné, že ne každý si může dovolit investovat značnou část rozpočtu do architektonické projektové dokumentace a prostředky, které vynaloží do technické projektové dokumentace, budou vždy převažovat. V tuto chvíli by měl stavební projektant dodržet přinejmenším základní prvky uměleckého cítění a vytvořit objekt, který alespoň z části zapadne do kontextu okolních budov.

V případě, kdy jsou na architektonickou studii uvolněny větší finanční prostředky, si myslím, že jde na cestě k trvale udržitelnému rozvoji stále navrhovat domy velké architektonické kvality. Návodem nám mohou být příklady severských států a architektonické návrhy některých jejich budov, které musí být v daleko nepříznivějších podmínkách postaveny tak, aby nedocházelo k velkým tepelným ztrátám.

Předchozími pár odstavci jsem chtěl vyjádřit, že v mém diplomním projektu řadím kvalitu architektonického návrhu na stejnou úroveň jako technické řešení s ohledem na zadání mé diplomové práce. Projekt jsem zpracovával komplexně a nově nabyté poznatky o environmentálním hodnocení budovy a dopadu jednotlivých stavebních materiálů na životní prostředí se do mého návrhu výrazně promítly.

2.2 Rozbor území a okolí rodinného domu

Podklady pro diplomní projekt jsem převzal ze spolupráce s architektonickou kanceláří Architep HK sídlící v Hradci Králové. Řešené území se nachází v nově vznikající obytné zóně v obci Předměřice nad Labem. Tato obec se nachází pár kilometrů od Hradce Králové severním směrem, jedná se poměrně o malou obec s více než 1750 obyvateli [10]. Po průzkumu obce jsem však zjistil, že se jedná o místo k bydlení s velkým potenciálem. Obec leží u řeky Labe, jejíž tok je lemován stezkou pro cyklisty, v létě tak nabízí velké spektrum sportovního využití. V obci se také nachází sportovní hala, která je využívána celoročně. Ze stavebních památek lze zmínit například historickou stavbu mlýnu Budín, obelisk „Boží muka“ a vodní elektrárnu, která se rozprostírá u řeky Labe a hlavní příjezdové cestě z Hradce Králové. Nedaleko je také písník, který je v letních měsících hojně využíván ke koupání a k rekreaci. Za zmínku také stojí dobré napojení z Hradce Králové, k dopravě lze mimo jiné využít vlak nebo autobusovou městskou hromadnou dopravu [10].

Pro lepší orientaci jsem vložil mapu okolí řešeného pozemku, jako podklad pro zpracování sloužila mapa ze stránek Mapbox [11].



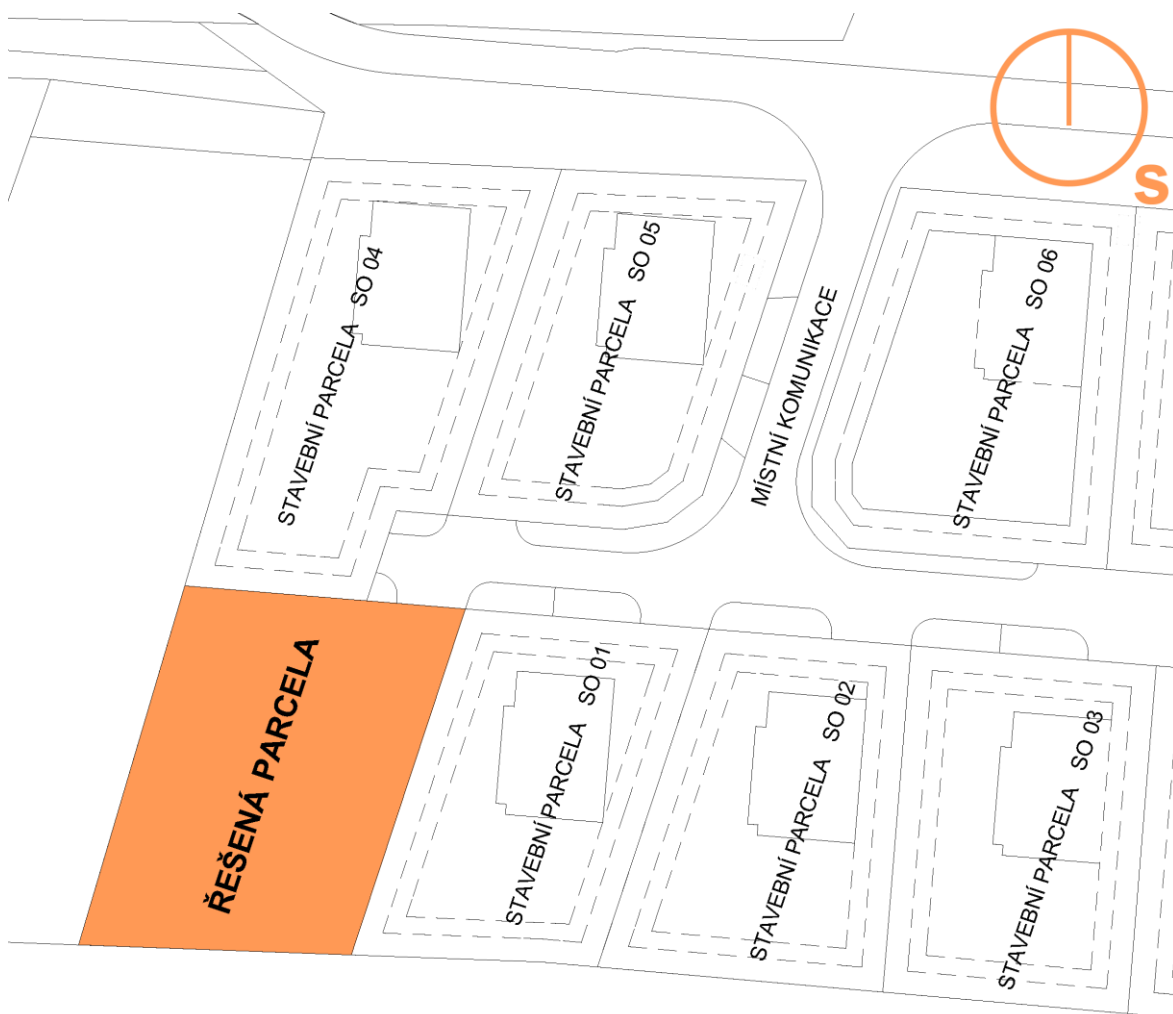
Obrázek 6 – Mapa s rozbořem území

2.3 Základní úvahy o hmotovém řešení Rodinného domu

2.3.1 Rozbor umístění stavební parcely

Stavební parcela se nachází v části nově vznikajícího obytného souboru, který je situován do jižní části obce Předměřice nad Labem. V blízkosti objektu se nachází řeka Labe a také vlaková stanice, která však v důsledku nízké frekvence vlaků nepředstavuje zdroj významného hluku. Příjezdová komunikace ke stavební parcele je zařazena do kategorie D1 (pěší, obytná zóna), takže významný zdroj hluku se neočekává ani v těchto místech.

Řešená parcela pro stavbu rodinného domu je orientovaná na severo-jih, parcela je kosodélníkového tvaru o výměře 750,59 m². Orientace pozemku tak pro výstavbu pasivního domu není nejvhodnější z důvodu orientace delší fasády objektu v ose sever-jih. Není zde proto předpoklad pro úplné využití solárních zisků, avšak orientace stavebního pozemku nepředstavuje významnější problém.

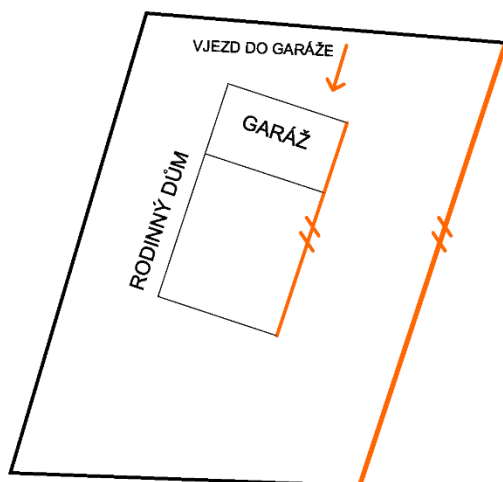


Obrázek 7 - Umístění stavební parcely

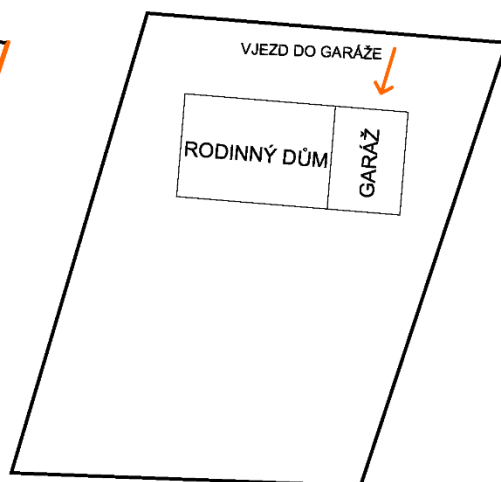
2.3.2 Půdorysné řešení rodinného domu

Prvotních variant usazení objektu na stavební parcelu bylo samozřejmě více, avšak pro potřeby diplomní práce jsem přiložil pouze čtyři základní varianty.

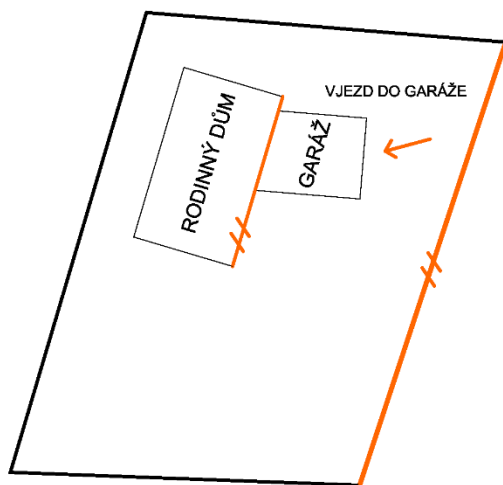
Var A



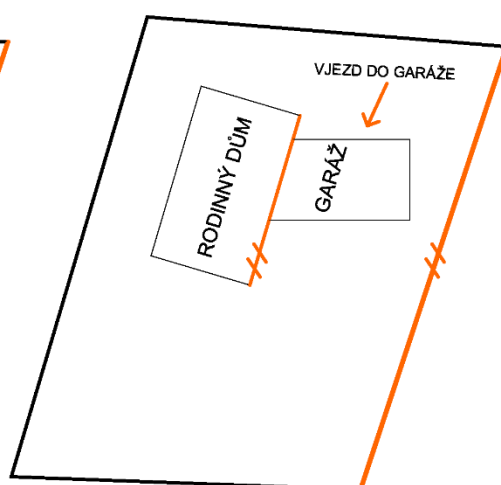
Var B



Var C



Var D



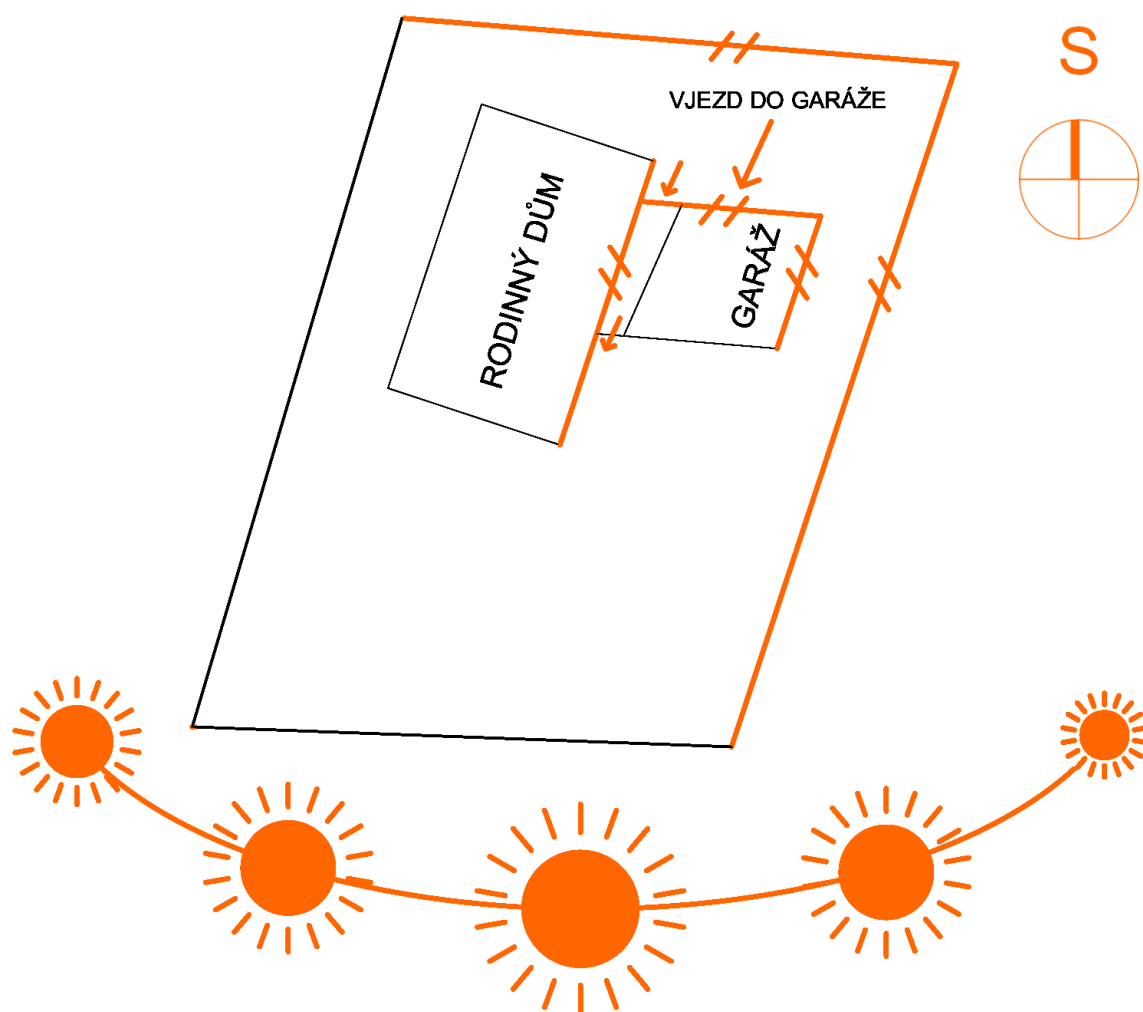
Obrázek 8 - Úvahy o tvaru rodinného domu

Všechny varianty jsem navrhoval dle správných zásad využití dispozic tak, aby plochy, které nepotřebují denní světlo, byly situovány směrem na sever. Ostatní obyvatelné místnosti jsem orientoval směrem na jih. Chtěl jsem také využít co nejvíce pozemku k venkovní rekreaci v jižní části parcely.

Varianta A má malé využití pozemku, vzniká tak poměrně malé místo na rekreaci v zadní části parcely. U **varianty B**, která mi nejvíce otevírá pozemek v jižní části pro venkovní rekreaci, vznikají poměrně minimalistické rozměry na umístění

dispozice uvnitř rodinného domu. **Varianty C a D** jsem oddělil hmotu rodinného domu od garáže tak, abych dodržel odstupové vzdálenosti od hranic pozemků. Dále jsem uvažoval o umístění vjezdu do garáže, jako finální variantu vybírám **variantu D**, která mi nejlépe využívá plochy na stavební parcele.

Varianta D prošla dále drobnými změnami, snažil jsem se využít rovnoběžnosti stěn s hranicí parcely, tak aby pocitově byl nově navržený objekt vhodně zasazen na pozemek parcely. Dále jsem vytvořil mezi rodinným domem a garáží spojovací trakt přední a zadní části pozemku tak, abych nemusel mezi oběma částmi parcely nově navržený objekt obcházet. Vjezd do garáže je situován ze severní strany a minimalizuje mi tak plochu potřebnou k vytvoření spojovací komunikace mezi garážovým stáním a ulicí. Na další ilustraci je zobrazená výsledná korekce tvaru objektu a také je do obrázku dokreslena ilustrace oslunění pozemku sluncem vůči orientaci ke světovým stranám.



Obrázek 9 – Finální korekce tvaru rodinného domu

Vstup do rodinného domu jsem situoval ze severní strany v zastřešeném průchozím traktu, který spojuje obě dvě části pozemku. Naproti vstupu do rodinného domu je zasazen také vstup do garáže. Vjezd do garáže je situován také v severní části pozemku, co nejbližší ke komunikaci tak, aby se minimalizovaly zpevněné pojízdné plochy na pozemku. Na parcelu jsem také navrhnul zahradní dům, označen – SO 03 a vodní rekreační plochu – SO 04. O jednotlivých stavebních objektech je rozepsáno v dalších kapitolách studie.

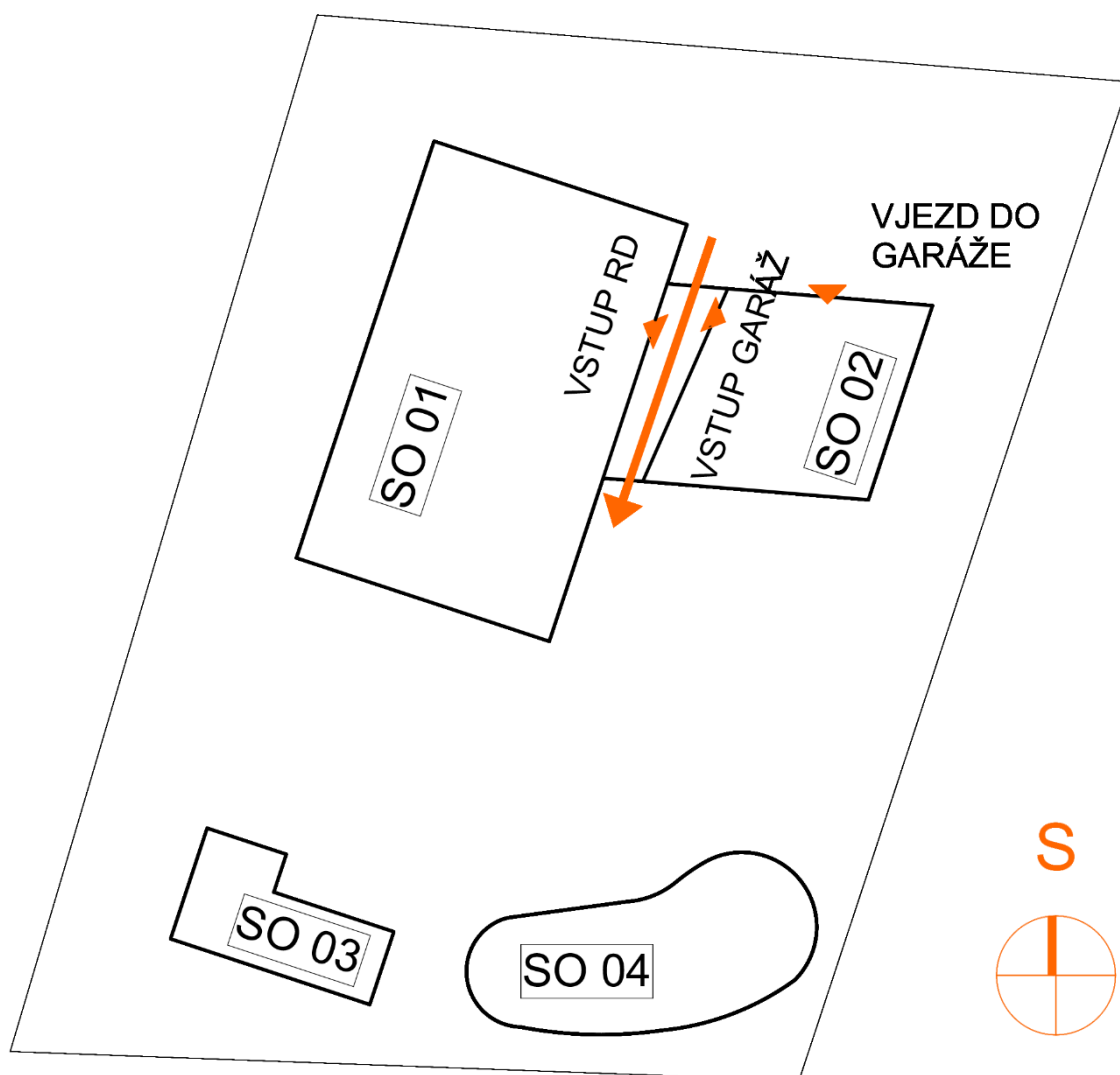
Pro rekapitulaci jsem vložil legendu stavebních objektů:

SO 01 – rodinný dům

SO 02 – garážové stání (2 auta)

SO 03 – zahradní dům

SO 04 – rekreační vodní plocha (samofiltrací přírodní jezírko)

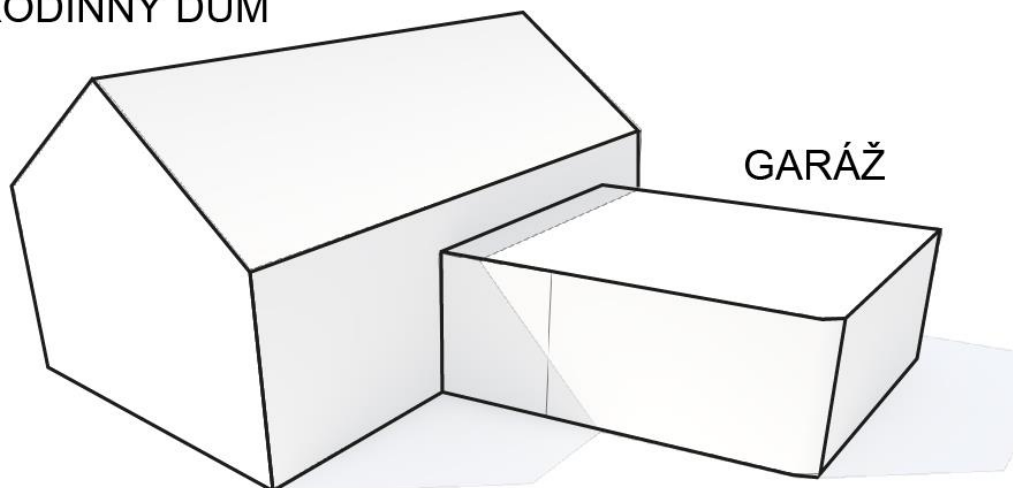


Obrázek 10 - Rozložení stavebních objektů na parcele

2.3.3 Hmotové řešení rodinného domu

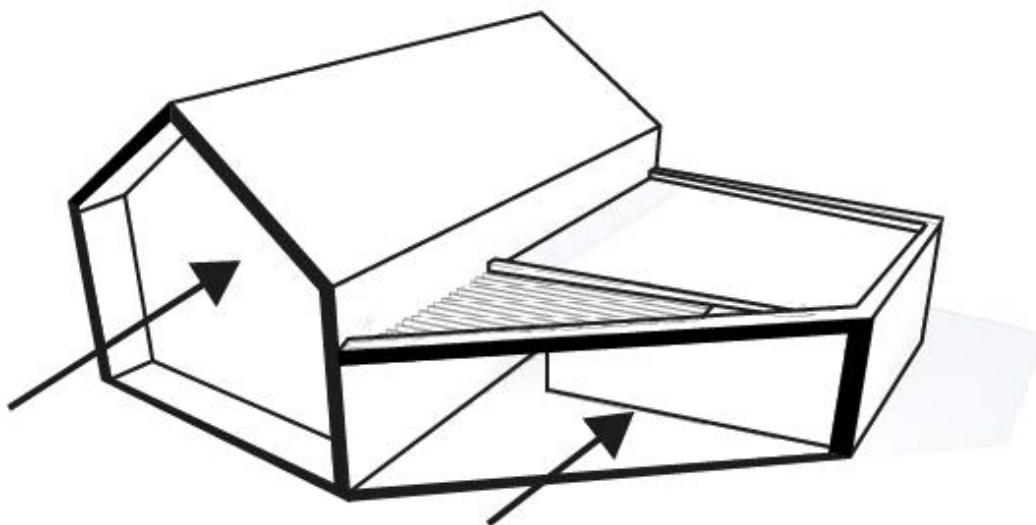
Hmota rodinného domu je oddělena od hmoty garáže. Rodinný dům je navržen se sedlovou střechou tak, aby splňoval regulační limity z územního plánu pro obec Předměřice nad Labem. Garáž je navržena s plochou střechou pro dvě automobilová stání.

RODINNÝ DŮM



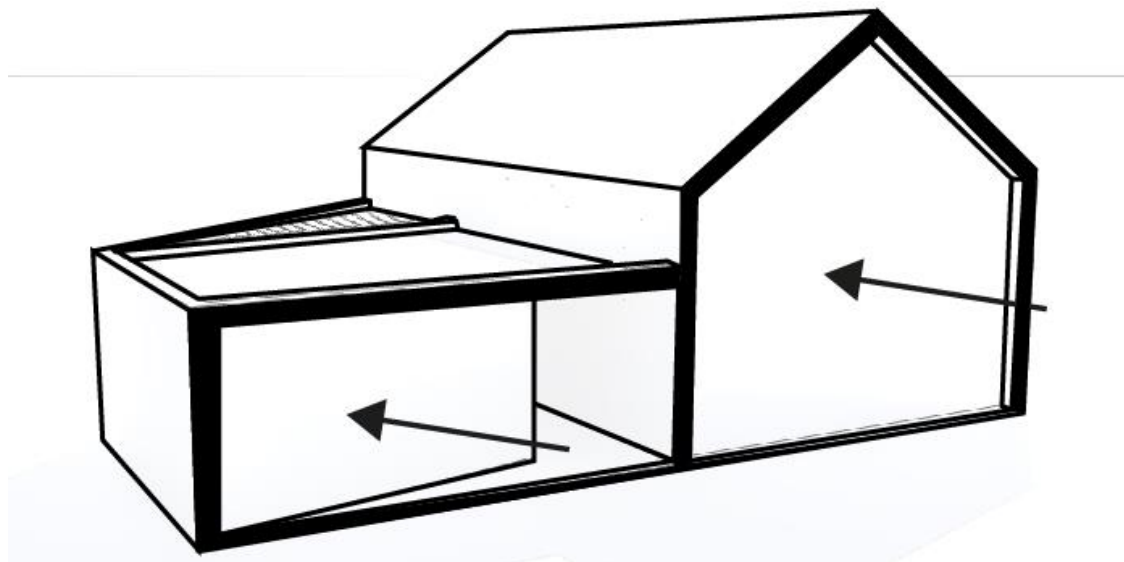
Obrázek 11 - Hmota rodinného domu – jižní nahléd

Hmotu rodinného domu jsem zasunul tak, aby mně vznikly linie, které budou tvořit nové obrysy rodinného domu. V garáži jsem taktéž posunul hmotu tak, aby vznikl obrys stěny a atiky, garáž a rodinný dům jsem dále propojil horizontálním prvkem, aby vznikl venkovní zastřešený prostor. V pozdější fázi studie jsem zastřešení změnil na slunolamy tak, aby byl venkovní prostor více prosvětlen.



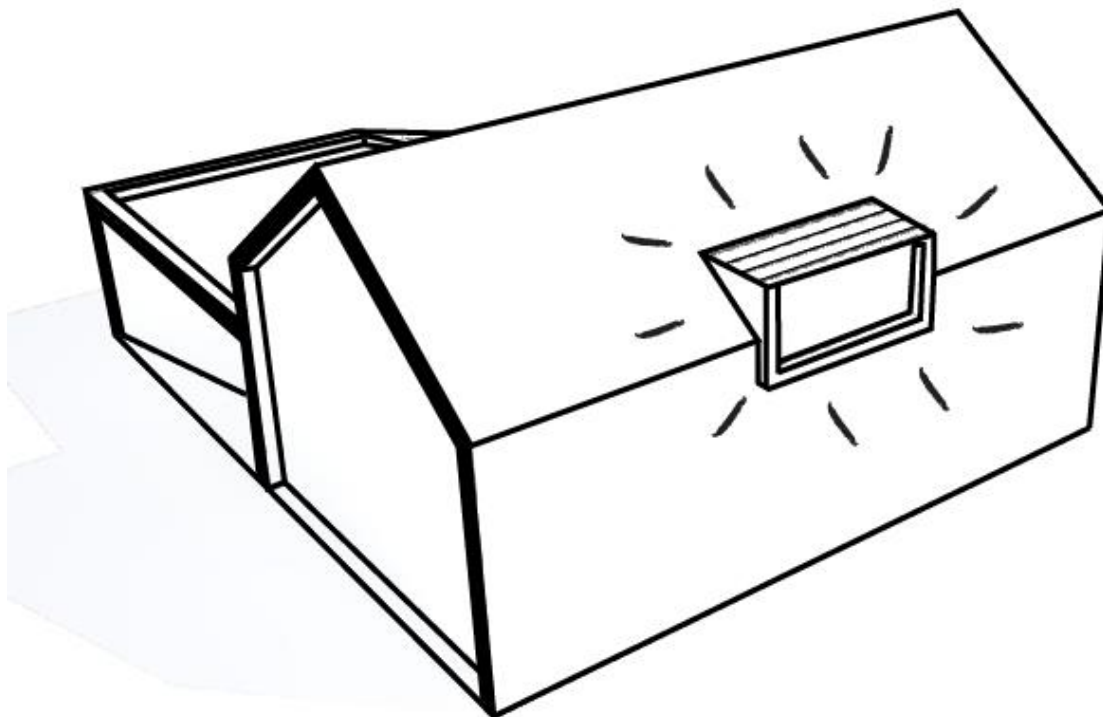
Obrázek 12 - Hmota rodinného domu – jižní nahléd

V přední části rodinného domu byla hmota upravená v podobném stylu jako na protilehlé straně fasády. Hmota garáže byla spojena s hmotou rodinného domu střechou tak, aby zde vznikl komunikační uzel, který bude chráněn v případě potřeby před deštěm.



Obrázek 13 - Hmota rodinného domu – severní nahléd

V průběhu skicování dispozic do finální varianty jsem kvůli umístění schodiště přidal střešní vikýř. Vikýř je orientovaný na západ a poskytuje tak pěkná panoráma při západu slunce.



Obrázek 14 - Hmota rodinného domu – západní nahléd

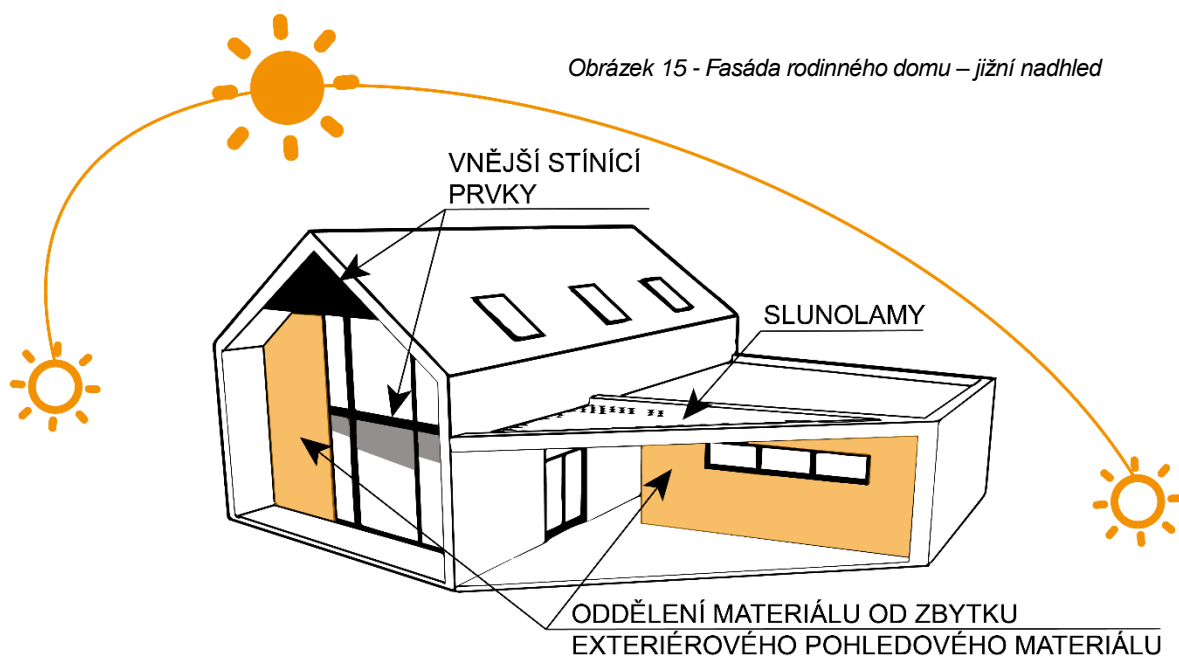
2.3.4 Fasáda rodinného domu

V další fázi studie jsem navrhoval fasádu a finální vzhled rodinného domu s garážovým stáním. Jižní fasádu rodinného domu jsem z větší části prosklíl, přestože vím, že toto prosklení bude ztrátové. Jižní prosklení mi přes den při letním slunci poskytne solární zisky a jednotlivé místnosti vytopí, avšak přes noc bude docházet k větším tepelným ztrátám.

Jak jsem již ale popsal v předchozí podkapitole, minimalizace ztrát tepla není mým jediným kritériem pro můj návrh rodinného domu. Pokud bych v pozdější energetické bilanci nesplnil kritéria pro dům v pasivním standardu, studii bych ještě optimalizoval. Avšak po výpočtu základní energetické bilance mi vyšla potřeba tepla na vytápění $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ a průměrný součinitel prostupu tepla budovy $U_{\text{em}} 0,21 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$. Tyto dvě hodnoty jsou základním předpokladem pro splnění kritéria návrhu pasivního domu a snížení tak dodaných energií na minimum. Splnění těchto poměrně přísných kritérií lze přisuzovat modernímu trojsklu, které má už v dnešní době vynikající součinitel prostupu tepla.

Do návrhu jsem také zapracoval prvky pasivního stínění. U jižní prosklené plochy fasády domu mi tuto funkci plní deskový prvek, který je vsazen do štítu fasády. U dolní části prosklení jsem přidal vnější stínící žaluzie. Vnější plocha, která je určena k rekreaci je stíněna pomocí slunolamů.

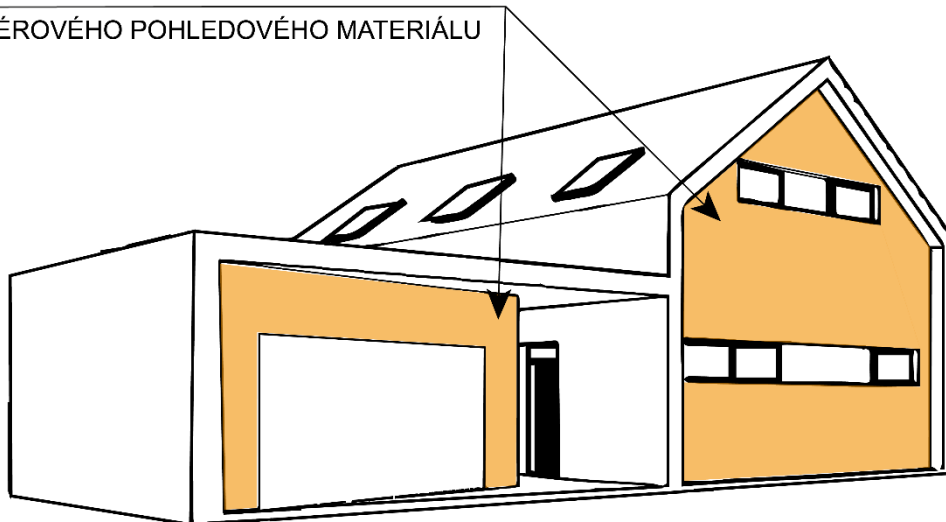
Rozčlenil jsem také materiál fasády. Materiálu, který je zasazen do hmoty rodinného domu a garáže, jsem změnil texturu a barvu tak, abych ho odlišil od zbytku pohledového materiálu.



Obrázek 15 - Fasáda rodinného domu – jižní náhled

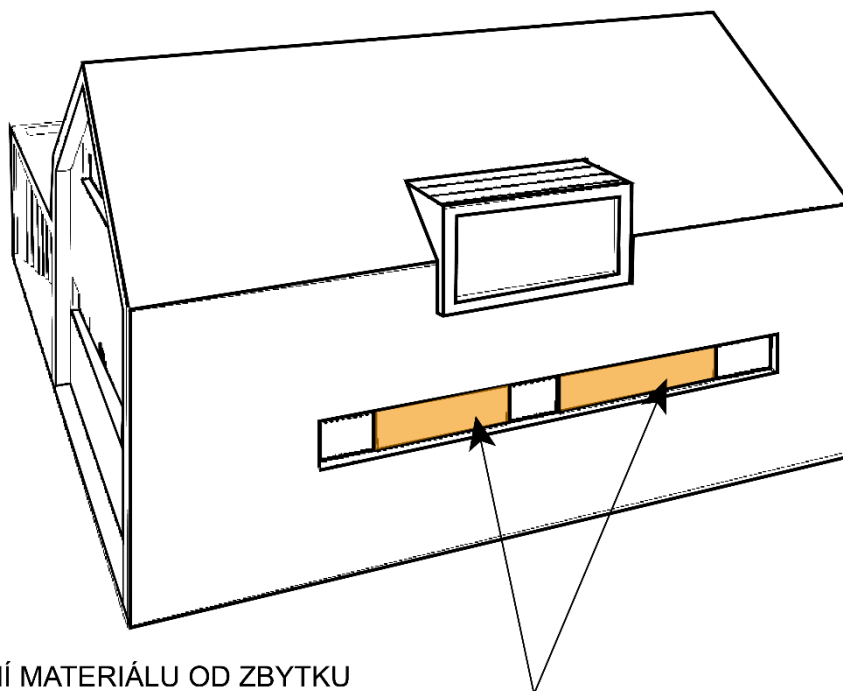
Přední fasádu rodinného domu jsem navrhnul ve stejné myšlence jako zadní část. Fasádu jsem také doplnil o pásová okna.

ODDĚLENÍ MATERIÁLU OD ZBYTKU
EXTERIÉROVÉHO POHLEDOVÉHO MATERIÁLU



Obrázek 16 – Fasáda rodinného domu – severní nahléd

Na západní fasádě rodinného domu byla navrhnutá tři pásová okna, mezi která byl osazen stejný kontrastní prvek jako v předchozích dvou pohledech.



ODDĚLENÍ MATERIÁLU OD ZBYTKU
EXTERIÉROVÉHO POHLEDOVÉHO MATERIÁLU

Obrázek 17 – Fasáda rodinného domu – západní nahléd

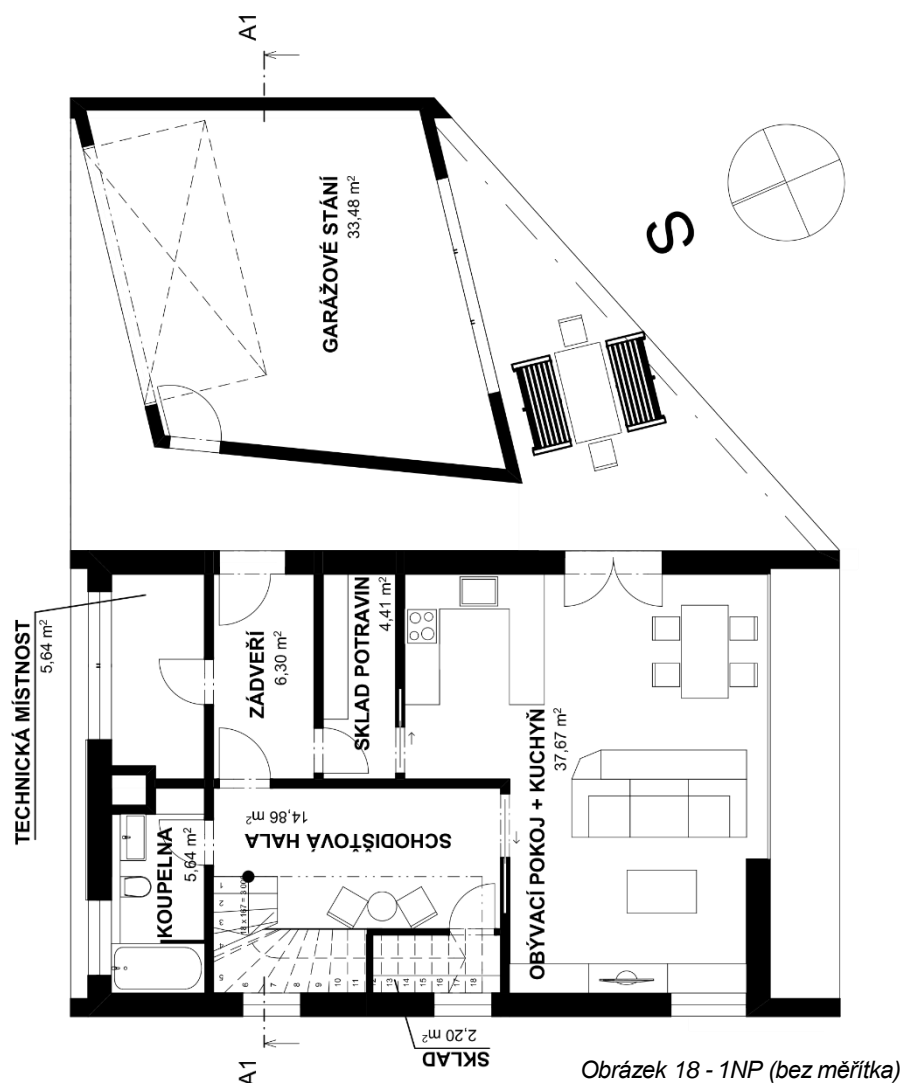
2.4 Dispoziční řešení rodinného domu

Varianty dispozic vznikly v několika variantách, pro potřeby diplomové práce však vkládám finální varianty, se kterými jsem pracoval dále v projektu.

2.4.1 1NP

Dispozice rodinného domu ctí zásady správně navržené dispozice, technická místnost a koupelna jsou orientovány na severní stranu RD, obýtné místnosti se otevírají směrem na jih a jsou dostatečně prosluněny.

Hlavní komunikační dominantou rodinného domu je schodišťová hala, ze které je možný vstup na schodiště do 2NP, obývacího pokoje, koupelny, skladu nebo do zádveří. Obývací pokoj je poměrně velkoryse navržen a je propojen s kuchyní. Z obývacího pokoje je umožněn vstup na terasu RD. Kuchyň je propojena se skladem potravin, který dále navazuje na zádveří.

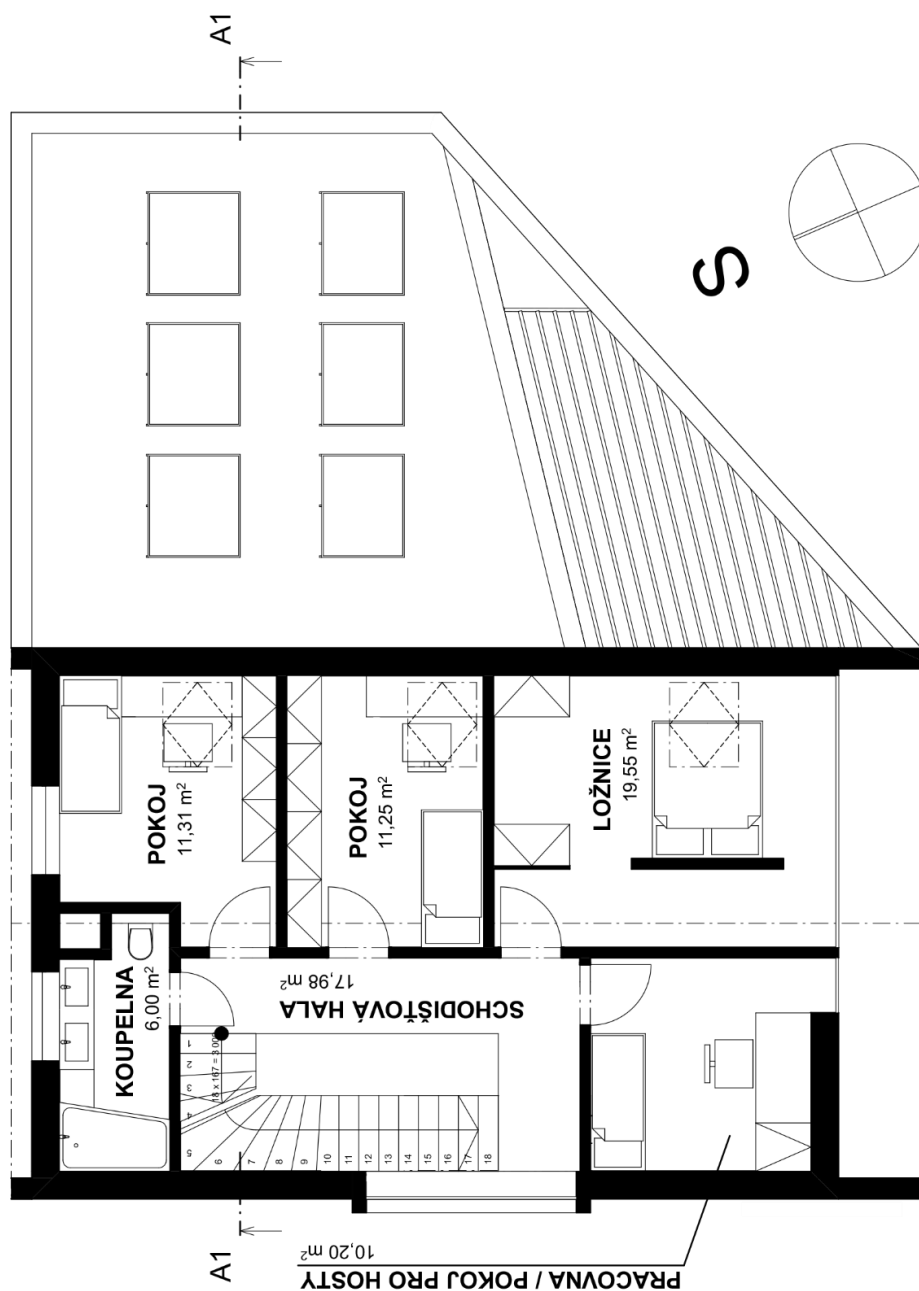


Obrázek 18 - 1NP (bez měřítka)

2.4.2 2NP

Na jižní straně se nachází prostorná ložnice a pracovna. Pracovna je zařízena tak, aby v případě potřeby mohla ubytovat hosty. Ve druhém nadzemním podlaží se také nacházejí dva podobně velké pokoje s výhledem na východ. U západní fasády se nachází prosklený vikýř, který umožňuje pozorovat západy slunce a být více v kontaktu s přírodou.

Plochá střecha garážových stání je určena pro fotovoltaické kolektory.



Obrázek 19 – 2NP (bez měřítka)

2.5 Volba pohledových materiálů fasády

Volbu pohledového obkladového materiálu jsem volil až po environmentálních výpočtech tak, aby všechny použité materiály na rodinném domu měly nízké svázané emise skleníkových plynů. Z tohoto pohledu jednoznačně nahrává vše pro přírodní materiály, které, jak jsem psal v úvodu, mají vlastnost, že dokáží v celkové bilanci pohlit více oxidu uhličitého, než vyprodukují během své konverze na stavební materiál. Je jasné, že v případě volby obkladu venkovní fasády bude tento vliv na celkový environmentální profil domu zanedbatelný. Avšak díky celkové koncepci rodinného domu s nízkou uhlíkovou stopou volím přírodní materiály na bázi dřeva.

Jako materiál střešní krytiny byl zvolen dřevěný šindel.

Dřevěná šindel má mnoho výhod. Mimo ekologického hlediska a přírodního vzhledu například nízkou nasákavost, vysokou životnost a možnost pokrytí střechy složitějších tvarů [12]. Pro návrh mé střešní krytiny byl vybrán dřevěný šindel s černým odstínem.



Obrázek 20 - Ukázka střešní krytiny z dřevěné šindele [12]

Jako vnější povrchový materiál byla zvolena difuzně otevřená bílá silikonová omítka. Na obrázku je ukázka textury silikonové omítky Caparol CarboPor. [13]



Obrázek 21 - Exteriérová fasádní omítka [13]

Pro obkladový pohledový materiál fasády jsem zvolil také dřevěný šindel. Na obrázku je ukázka použití dřevěného šindele jako dřevěného obložení. Obrázek jsem vložil ze stránky arakolin.cz. [14]



Obrázek 22 - Ukázka fasády z dřevěné šindele [14]

2.6 Vizualizace



Obrázek 23 - Jižní pohled



Obrázek 24 - Severní pohled



Obrázek 25 - Západní pohled

3. Stanovení environmentálního profilu

3.1 Úvod

Při stanovení environmentálního profilu budovy včetně zdroje tepla jsem pracoval ve variantách. Výběr výsledné konstrukce a zdroje tepla mně nejvíce ovlivnilo množství emisí skleníkových plynů jak ve fázi výstavby, tak ve fázi provozu. Spravedlivější by při stanovení environmentálního profilu budovy jistě bylo multikriteriální hodnocení s přihlédnutím určité váhy na všechny ukazatele environmentálních parametrů. Má diplomová práce se ale zabývá snižováním uhlíkové zátěže obytných budov na životní prostředí, proto hlavní kritérium pro stanovení environmentální zátěže na životní prostředí bylo kritérium potenciálu globálního oteplování (global warming potential, dále už jen GWP) v jednotkách [kgCO_{2,ekv.}]. Ostatní ukazatele environmentálních parametrů, zejména ukazatel spotřeby primární energie PEI [MJ] a potenciál okyselování prostředí AP [g SO_{2,ekv.}] byly brány v potaz, avšak při výpočtech jsem jejich limit nestanovil.

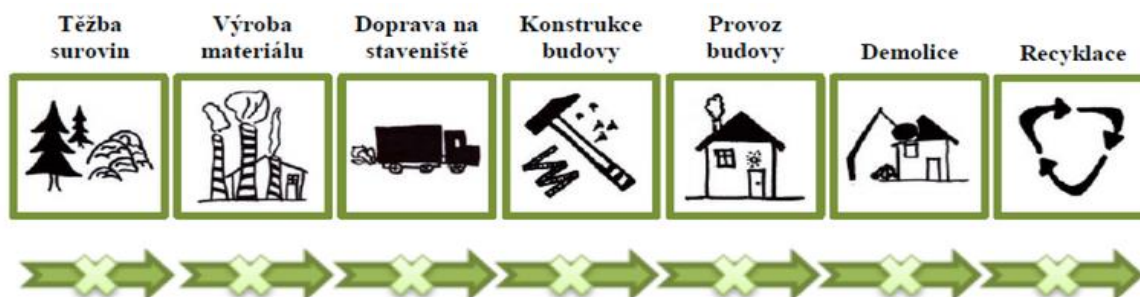
3.2 Metodika výpočtů

Při výpočtech jsem se držel standardizovaných postupů národní platformy SBToolCZ, který se běžně používá pro environmentální certifikaci budov. Ve výpočtech je možné použít různé environmentální databáze stavebních materiálů. Jejich metodiky hodnocení jsou rozdílné, proto je možné, že při použití rozdílných databází pro hodnocení stejné konstrukce vzniknou rozdílné hodnoty výsledků. Je to dáno tím, že tyto databáze počítají s trochu jinými zdroji a okrajovými podmínkami. Všechny tyto databáze jsou však založeny na stejném principu hodnocení životního cyklu materiálů, který se nazývá LCA.

3.3 LCA

Life Cycle Assessment, jak se nazývá tato metodika při hodnocení životního cyklu výrobku, je použitelná na kterýkoliv produkt lidské činnosti. Spočívá v zahrnutí vlivu materiálu na životní prostředí nejen ve spojení s výstavbou a provozem budovy, ale také s různými vlivy životních cyklů, jako je například těžba suroviny, výroba

materiálu, doprava materiálu na stavbu, údržba materiálu a v neposlední řadě recyklace stavebního materiálu [15].



Obrázek 26 - Životní cyklus budov [15]

3.4 Environmentální databáze

V dnešní době, kdy je kladen stále větší důraz na environmentální hodnocení konstrukcí, je k dispozici několik nezávislých environmentálních databází. Je třeba napsat, že každá environmentální databáze má své okrajové hodnotící podmínky a pro přesný výpočet je tedy nejlepší počítat environmentální profil konstrukce pro danou lokalitu. Pro potřeby diplomové práce vkládám na ukázkou pár nejrozšířenějších databází používaných pro environmentální výpočty. Tabulka databází byla převzata ze stránky tzb-info.cz. [15]

název databáze	správce databáze	odkaz
Ecoinvent	Swiss Centre for Life Cycle Inventories	www.ecoinvent.ch
Environdec	Environdec	www.environdec.com
INIES	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment	www.inies.fr
IBO Baustoffdatenbank	Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie	www.baubook.at
ICE	University of Bath	www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied/
Bauteilkatalog	Holliger Consult	www.bauteilkatalog.ch
IBU	Institut Bauen und Umwelt e.V.	www.bau-umwelt.de

Obrázek 27 - Ukázka nejrozšířenějších databází pro environmentální hodnocení

V České republice existuje na databáze pro hodnocení konstrukcí zvaná Envimat. Tato online databáze přebírá hodnoty z databáze Ecoinvent, cílem je postupem času vypracování komplexní databáze pro české okrajové podmínky. Cílí tak na české architekty a projektanty, kteří by v budoucnu měli mít snazší podmínky pro environmentální zhodnocení konstrukcí s přesnějšími výsledky.

Já jsem při svých výpočtech vycházel z hodnot knihy Přírodní stavební materiály od Josefa Chybíka [16]. Tato literatura uváděla jako zdroj hodnoty převzaté z databáze Baubook [17], kde jsem později dohledával parametry pro stavební konstrukce, které nebyly v knize k dohledání.

3.4.1 Databáze Baubook

Baubook je rakouská databáze pro hodnocení dopadu stavební konstrukce na životní prostředí. Jednotlivé materiály a jejich dopad na životní prostředí je vyčíslen v několika environmentálních parametrech, avšak pro téma mé diplomní práce je sledován pouze indikátor GWP. Tato databáze zohledňuje u přírodních materiálů schopnost pohlcovat oxid uhličitý ve fázi růstu, proto při počítání s touto databází je možno dospět při environmentální hodnocení budovy k záporným hodnotám. Záporné hodnoty tedy znamenají, že materiály, ze kterých je stavba postavena, dokáží při bilančních výpočtech díky fyzikálnímu ději zvaném fotosyntéza více CO₂ pohltit, než jsou celkové emise vyprodukovaných skleníkových plynů.

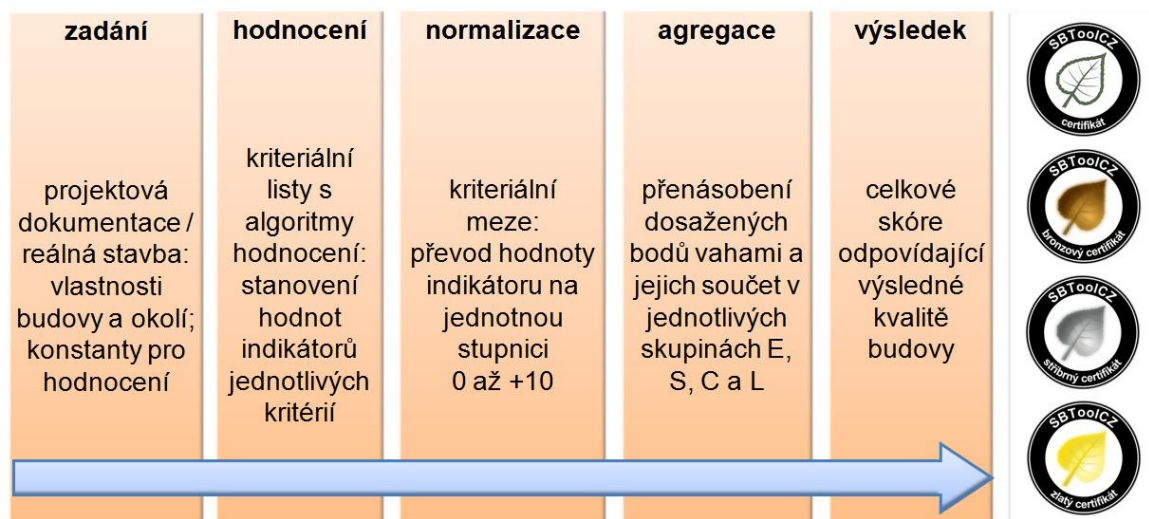
3.5 Metodika SBToolCZ

Národní platforma SBToolCZ byla vytvořena v roce 2011 jako národní certifikační nástroj pro environmentální hodnocení konstrukcí. Cílem platformy je rozvoj udržitelného stavitelství v České republice, jednotný certifikační nástroj pro komplexní hodnocení budov a v neposlední řadě si klade za cíl motivovat výrobce stavebního materiálu k vypracování environmentálního prohlášení o produktu.

V této metodice se hodnotí vliv budovy na životní prostředí, sociálně kulturní aspekty, funkční a technická kvalita, ekonomika a lokalita, ve které je budova postavena. Tento nástroj tak pracuje se sadou kritérií, kdy se jednotlivá kritéria ohodnotí podle váženého průměru, a budově je poté přidělen certifikát podle kategorie, do které spadá. Metodika je jednak schopná o vytvoření certifikátu komplexní kvality stávající budovy, nebo se dá také využít na hodnocení kvality budovy ve fázi návrhu. Architekt či projektant tak může dostat podnět ke zlepšení environmentálního profilu budovy již v procesu projektové dokumentace.

Rozsah metodiky se liší pro jednotlivé typy budov, například pro bytové domy metodika hodnotí celkem 39 kritérií. Tato kritéria jsou rozdělena do čtyř skupin a to skupiny environmentální, sociální, managementu a lokality. Jednotlivá kritéria se pak

ohodnotí v rozmezí 0-10 bodů. Tyto body se pak vynásobí předem definovanými váhami pro dané kritérium. Hodnoty se poté sčítají a následuje zařazení do jednoho ze čtyř certifikátů. [18]



Obrázek 28 - Ukázka procesu hodnocení dle SBToolCZ

3.5.1 Postup při výpočtu

Metodika SBToolCZ je při hodnocení velice obsáhlá, avšak já jsem pro své téma diplomní práce stanovil pouze environmentální profil kritéria GWP, tedy hodnocení emisí skleníkových plynů. Proto se v této podkapitole budu věnovat popisu stanovení environmentálního profilu pouze pro toto kritérium.

Budova se hodnotí ve dvou fázích, výrobní fázi, kdy vzniká svázaná produkce $\text{CO}_{2,\text{ekv.}}$ a ve fázi provozu, kde vznikají provozní emise $\text{CO}_{2,\text{ekv.}}$.

3.5.2 Postup při výpočtu – výrobní fáze – výběr finálních variant materiálů

Při stanovení finálního environmentálního profilu pro celou budovu jsem pracoval ve variantách různých materiálů a jejich dopadem na životní prostředí. Při výběru finální skladby konstrukce jsem stanovil několik variant a z těchto variant poté vybral variantu, která bude mít nejnižší emise skleníkových plynů.

Environmentální profily jsem stanovil na 1 m^2 . Veškeré varianty skladeb musí mít nějakou referenční hodnotu tak, aby byla data navzájem relevantní. U obvodových konstrukcí se nejčastěji jedná o stanovení referenčního tepelně technického parametru součinitelů prostupu tepla U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]. Při stanovení emisí

celkové skladby na 1 m² se vychází z principu, že každý materiál má v environmentální databázi stanoven emise pro 1 kilogram své váhy.

Z jednoduchého výpočtu jsem si proto stanovil tloušťku jednotlivých materiálů ve skladbě, abych splnil požadavek na referenční hodnotu U. Z tloušťky daných materiálů ve skladbě jsem si jednoduchým přepočtem přes jejich objemovou hmotnost stanovil počet kilogramů na 1 m² materiálu. Z celkového počtu kilogramů jednotlivých materiálů jsem poté stanovil celkovou svázanou produkci emisí veličiny GWP [kgCO_{2,ekv.}].

Tabulka 2 - Ukázka výpočtu svázaných emisí GWP

vrstva	název	d	V	M	λ	R	GWP	
		[m]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[W/mK]	[m ² K/W]	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./m ²]
1_A								
1	Vápenopísková cihla	0,200	1600	320,00	0,500	0,400	0,105	33,600
2	Minerální vata	0,280	147	41,16	0,036	7,778	1,640	67,502
	Σ	0,480			U	0,120 W/m²K		101,102

3.5.3 Postup při výpočtu – výrobní fáze – celkový environmentální profil

Po stanovení finálních variant materiálů použitých v konstrukcích jsem musel stanovit environmentální profil celého objektu. Vyhodnocení jsem prováděl pouze pro rodinný dům a garáž (objekty SO – 01, SO – 02). Vycházel jsem z výkazu výměr pro jednotlivé těchto objektů a životnosti konstrukcí.

Z těchto výměr jsem si vypočetl přes objemové hmotnosti daných materiálů celkovou hmotnost v kilogramech, kterou jsem následně vynásobil ukazatelem emisí pro 1 kilogram váhy a stanovil si tak celkovou svázanou produkci emisí veličiny GWP [kgCO_{2,ekv.}]. Tuto hodnotu jsem poté podělil životností daných konstrukcí, abych zjistil, jaká bude produkce emisí v jednom roce. Po sečtení všech svázaných emisí materiálů, které jsem použil pro výstavbu těchto objektů, jsem tak mohl přejít k výpočtu provozních emisí.

Tabulka 3 - Ukázka výpočtu celkových svázaných emisí GWP

vrstva	konstrukce/materiál	V	výměra	životnost	GWP	GWP
		[kg/m ³]	[m ³]	rok	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./[rok]]
ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE						
1	Hydroizolace	1220	0,47	50	0,655	7,512
2	Železobetonová deska	2400	24,72	50	0,145	172,051
3	Drenážní štrkové vrstva	1800	6,36	50	0,004	0,916
	Σ					180,479

3.5.4 Postup při výpočtu – fáze provozu – provozní emise

Pro výpočet provozních emisí bylo zapotřebí stanovit jednoduchou roční energetickou bilanci objektů. Pro bilanční výpočet jsem zvolil program Energie 2016 EDU [19]. Také bylo potřeba znát vlivy jednotlivých energonositelů a jejich dopad na životní prostředí v podobě produkce provozních emisí. Pro potřeby diplomové práce vkládám tabulku, ve které jsou vyčísleny jednotlivé provozní emise v návaznosti na druhu energonositele. Tabulka je součástí příloh metodiky SBTToolCZ [18].

Tabulka 4 - Emisní a konverzní faktory [18]

Zdroj energie/tepla	Faktor energetické přeměny	emisní faktor				
		CO _{2,ekv.} (GWP)	SO _{2,ekv.} (AP)	kg Phosphate-Equiv. (EP)	ethen (POCP)	kg R11-Equiv. (ODP)
		[kg/MJ]	[kg/MJ]	[kg/MJ]	[kg/MJ]	[kg/MJ]
kotel na palivové dřevo	0,05	0,0052	0,0001280	0,000046500	0,000002345	0,000000003075
kotel na dřevěné pelety	0,15	0,0147	0,0001149	0,000056950	0,000003765	0,000000009940
kotel na černé uhlí	1,40	0,124	0,0006880	0,000171400	0,000168000	0,000000006948
kotel na zemní plyn	1,20	0,0716	0,0000569	0,000011059	0,000006302	0,000000007461
solární kolektor	0,05	0,0029	0,0000230	0,000016800	0,000001400	0,000000003540
elektrická energie – mix ČR	3,00	0,211	0,0005961	0,001080860	0,000020738	0,000000049386
elektrická energie – fotovoltaická elektrárna	0,20	0,0238	0,0001143	0,000071800	0,000007034	0,000000046880
teplárna na uhlí	1,40	0,106	0,0001619	0,000093680	0,000006126	0,000000002382
teplárna na zemní plyn	1,40	0,0684	0,0000744	0,000009457	0,000005688	0,000000007784
teplárna ORC (spalování biomasy)	0,10	0,0109	0,0000863	0,000035770	0,000001645	0,000000003040

Při výpočtu provozních emisí jsem opět pracoval ve variantách výběru finálního zdroje tepla, který se podílí na produkci emisí největší měrou. Po výběru finálního zdroje tepla jsem celkovou energii společně s dalšími provozními energiemi vynásobil dle druhu energonositele emisními faktory.

Po součtu všech emisí ve fázi výstavby a ve fázi provozu jsem tak získal relevantní data, která jsem mohl porovnat s Tabulkou č. 1 - Roční limity CO_{2, ekv.}.

3.6 Environmentální vyhodnocení variant

3.6.1 Skladby konstrukcí

Jak je v postupu při výpočtu vysvětleno, při stanovení environmentálních profilů je použita metodika SBTToolCZ s databází environmentálních charakteristik ze serveru Baubook [17]. Bohužel se mi nepodařilo na tomto serveru najít hodnotu GWP pro dřevěné šindele, proto ji přebírám z webové stránky stresni-krytiny-srovnani.cz [20]. Jsem si vědom, že při použití hodnoty, u které není uvedena metodika posouzení GWP, se dopouštím při výpočtu odchylky. Tato odchylka bude ovšem při stanovení environmentálního profilu pro celou budovu velmi malá. Při stanovení variant jsem jednotlivé skladby konstrukcí navrhoval na stejnou hodnotu součinitele prostupu tepla U . Jednotlivé referenční hodnoty součinitele prostupu tepla jsem přebíral z výpočtu celkové potřeby tepla na vytápění.

Nejdříve jsem začínal hodnotit obvodové stěny s referenčním součinitelem prostupu tepla $U = 0,120 \text{ W/m}^2\text{K}$. U jednotlivých variant nosných konstrukcí jsem měnil materiál zateplovacího systému a jeho tloušťku tak, abych splnil požadavek na součinitel prostupu tepla $U \leq 0,120 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Poté jsem hodnotil podlahové konstrukce v kontaktu se zeminou, stejným způsobem na hodnotu součinitele prostupu tepla $U \leq 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Na závěr jsem provedl hodnocení střešní konstrukce. Toto hodnocení bylo už spíše jen pro zajímavost, jak se liší jednotlivé hodnoty GWP střešní krytiny. U hodnocení konstrukčního systému a použití tepelného izolantu jsem vycházel z poznatku z hodnocení obvodové konstrukce, proto již nebylo třeba stanovovat celkové varianty i u střešní konstrukce.

Hodnocení je vloženo na začátek následující stránky z důvodu již přednastaveného formátování stránek při výpočtu v programu MS Excel.

Tabulka 5 - Environmentální vyhodnocení

OBVODOVÉ STĚNY

vrstva	název	d	V	M	λ	R	GWP	
		[m]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[W/mK]	[m ² K/W]	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./m ²]
1_A								
1	Vápenopísková cihla	0,200	1600	320,00	0,500	0,400	0,105	33,600
2	Minerální vata	0,280	147	41,16	0,036	7,778	1,640	67,502
	Σ	0,480			U	0,120	W/m²K	101,102
1_B								
1	Vápenopísková cihla	0,200	1600	320,00	0,500	0,400	0,105	33,600
2	Polystyren EPS	0,310	18	5,58	0,039	7,949	3,350	18,693
	Σ	0,510			U	0,117	W/m²K	52,293
1_C								
1	Vápenopísková cihla	0,200	1600	320,00	0,500	0,400	0,105	33,600
2	Šedý polystyren EPS	0,250	15	3,75	0,032	7,813	3,350	12,563
	Σ	0,450			U	0,119	W/m²K	46,163
2_A								
1	Broušený cihelný blok	0,300	800	240,00	0,175	1,714	0,176	42,240
2	Minerální vata	0,240	147	35,28	0,036	6,667	1,640	57,859
	Σ	0,540			U	0,117	W/m²K	100,099
2_B								
1	Broušený cihelný blok	0,300	800	240,00	0,175	1,714	0,176	42,240
2	Polystyren EPS	0,260	18	4,68	0,039	6,667	3,350	15,678
	Σ	0,560			U	0,117	W/m²K	57,918
2_C								
1	Broušený cihelný blok	0,300	800	240,00	0,175	1,714	0,176	42,240
2	Šedý polystyren EPS	0,210	15	3,15	0,032	6,563	3,350	10,553
	Σ	0,510			U	0,118	W/m²K	52,793
3_A								
1	Plynosíliátová cihla	0,300	400	120,00	0,108	2,778	0,331	39,720
2	Minerální vata	0,200	147	29,40	0,036	5,556	1,640	48,216
	Σ	0,500			U	0,118	W/m²K	87,936
3_B								
1	Plynosíliátová cihla	0,300	400	120,00	0,108	2,778	0,331	39,720
2	Polystyren EPS	0,210	18	3,78	0,039	5,385	3,350	12,663
	Σ	0,510			U	0,120	W/m²K	52,383
3_C								
1	Plynosíliátová cihla	0,300	400	120,00	0,108	2,778	0,331	39,720
2	Šedý polystyren EPS	0,180	15	2,70	0,032	5,625	3,350	9,045
	Σ	0,480			U	0,117	W/m²K	48,765
4_A								
1	OSB deska	0,015	660	9,90	0,130	0,115	-1,168	-11,563
2	Nosné sloupky	0,350	540	*30,24	**	0,054	-1,409	-42,608
3	Minerální vata	0,350	147	*43,22		6,481	1,640	70,878
4	Dřevovláknitá deska	0,080	260	20,80	0,047	1,702	-0,183	-3,806
	Σ	0,445			U	0,118	W/m²K	12,900

Poznámka:

* Plošná hmotnost M byla stanovena s ohledem na skeletovou konstrukci.

** Ekvivalentní tepelná vodivost s vlivem tepelných mostů u skeletové konstrukce byla stanovena přes interní výpočet.

Tabulka 6 - Environmentální vyhodnocení

vrstva	název	d	V	M	λ	R	GWP	
		[m]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[W/mK]	[m ² K/W]	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./m ²]
4_B								
1	OSB deska	0,015	660	9,90	0,130	0,115	-1,168	-11,563
2	Nosné sloupky	0,360	540	*31,10	**	6,316	-1,409	-43,826
3	Dřevovláknitá izolace	0,360	160	*48,38	0,057		-0,183	-8,854
4	Dřevovláknitá deska	0,080	260	20,80	0,047	1,702	-0,183	-3,806
	Σ	0,455			U	0,120	W/m ² K	-68,049
4_C								
1	OSB deska	0,015	660	9,90	0,130	0,115	-1,168	-11,563
2	Nosné sloupky	0,360	540	*31,10	**	6,316	-1,409	-43,826
3	Foukaná celulózní izolace	0,360	65	*19,66	0,057		-0,907	-17,828
4	Dřevovláknitá deska	0,080	260	20,80	0,047	1,702	-0,183	-3,806
	Σ	0,455			U	0,120	W/m ² K	-77,023
4_D								
1	OSB deska	0,015	660	9,90	0,130	0,115	-1,168	-11,563
2	Nosné sloupky	0,360	540	*31,10	**	6,316	-1,409	-43,826
3	Konopná izolace	0,360	35	*10,58	0,057		-0,377	-3,990
4	Dřevovláknitá deska	0,080	260	20,80	0,047	1,702	-0,183	-3,806
	Σ	0,455			U	0,120	W/m ² K	-63,185
5_A								
1	CLT panel	0,084	500	42,00	0,130	0,646	-1,632	-68,544
2	Minerální vata	0,270	147	39,69	0,036	7,500	1,640	65,092
	Σ	0,354			U	0,120	W/m ² K	-3,452
5_B								
1	CLT panel	0,084	500	42,00	0,130	0,646	-1,632	-68,544
2	Dřevovláknitá izolace	0,300	160	48,00	0,040	7,500	-0,183	-8,784
	Σ	0,384			U	0,120	W/m ² K	-77,328
5_C								
1	CLT panel	0,084	500	42,00	0,130	0,646	-1,632	-68,544
2	Polystyren EPS	0,300	18	5,40	0,039	7,692	3,350	18,090
	Σ	0,384			U	0,118	W/m ² K	-50,454
5_D								
1	CLT panel	0,084	500	42,00	0,130	0,646	-1,632	-68,544
2	Nosné sloupky	0,330	540	*28,51	**	5,789	-1,409	-40,173
3	Foukaná celulózní izolace	0,330	65	*18,02	0,057		-0,907	-16,342
4	Dřevovláknitá deska	0,080	260	20,80	0,047	1,702	-0,183	-3,806
	Σ	0,494			U	0,120	W/m ² K	-128,866
ALTERNATIVNÍ ŘEŠENÍ ZA POMOCÍ IZOLACE ZE SLAMĚNÝCH BALÍKŮ								
6_A								
1	OSB deska	0,015	660	9,90	0,130	0,115	-1,168	-11,563
2	Nosné sloupky	0,480	540	*41,47	**	6,400	-1,409	-58,434
3	Mezera vyplněná balíky slámy	0,480	105	*42,34	0,075		-1,250	-52,920
4	Dřevovláknitá deska	0,080	260	20,80	0,047	1,702	-0,183	-3,806
	Σ	0,575			U	0,119	W/m ² K	-126,724

Poznámka:

* Plošná hmotnost M byla stanovena s ohledem na skeletovou konstrukci.

** Ekvivalentní tepelná vodivost s vlivem tepelných mostů u skeletové konstrukce byla stanovena přes interní výpočet.

Tabulka 7 - Environmentální vyhodnocení

PODLAHOVÉ KONSTRUKCE V KONTAKTU SE ZEMINOU

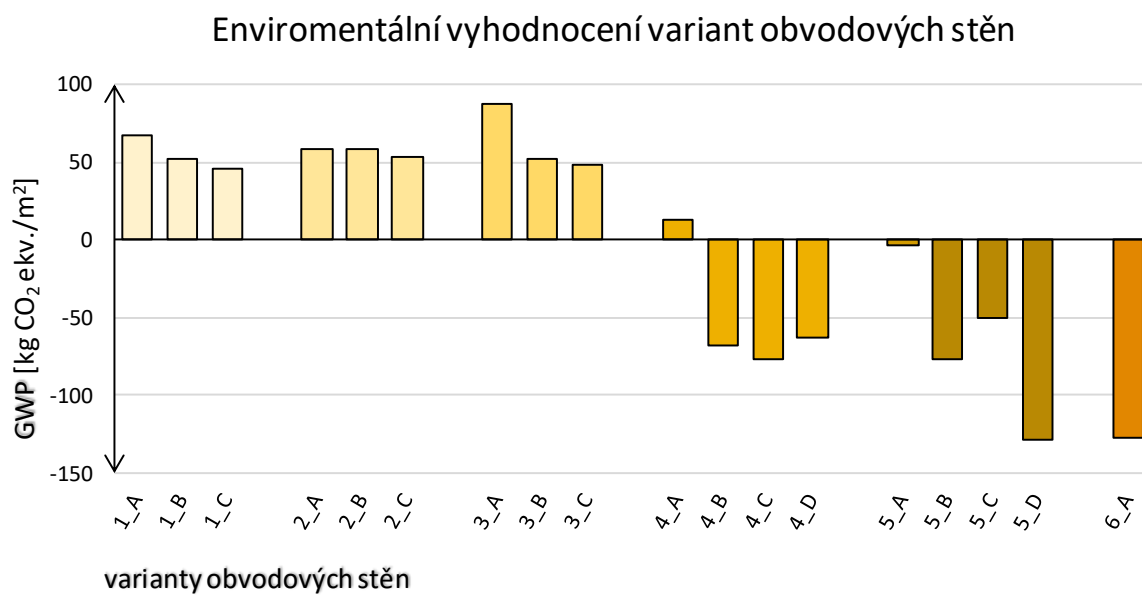
vrstva	název	d	V	M	λ	R	GWP	
		[m]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[W/mK]	[m ² K/W]	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./m ²]
1								
1	Hydroizolace	0,005	1220	6,10	-	0,000	0,655	3,997
2	Železobetonová deska	0,200	2400	480,00	1,430	0,140	0,145	69,600
3	PE fólie	0,000	-	0,40	-	0,000	2,020	0,808
4	Štěr z pěnového skla	0,380	137	51,87	0,080	4,750	0,348	18,051
5	Separční geotextilie	0,003	-	0,14	-	0,000	2,820	0,395
6	Drenážní štěrková vrstva	0,150	1800	270,00	-	0,000	0,004	1,080
	Σ	0,738			U	0,198 W/m²K		93,930
2								
1	Šedý polystyren EPS	0,150	15	2,25	0,031	4,839	3,350	7,538
2	Hydroizolace	0,005	1220	6,10	-	0,000	0,655	3,997
3	Železobetonová deska	0,150	2400	360,00	1,430	0,105	0,145	52,200
4	Drenážní štěrková vrstva	0,060	1800	108,00	-	0,000	0,004	0,432
	Σ	0,365			U	0,196 W/m²K		64,166
3								
1	Hydroizolace	0,005	1220	6,10	-	0,000	0,655	3,997
2	Železobetonová deska	0,200	2400	480,00	1,430	0,140	0,145	69,600
3	PE fólie	0,000	-	0,40	-	0,000	2,020	0,808
4	Tepelná izolace XPS	0,190	38	7,22	0,040	4,750	3,440	24,837
5	Drenážní štěrková vrstva	0,180	1800	324,00	-	0,000	0,004	1,296
	Σ	0,575			U	0,198 W/m²K		100,538

STŘEŠNÍ KONSTRUKCE (od provětrávané mezery)

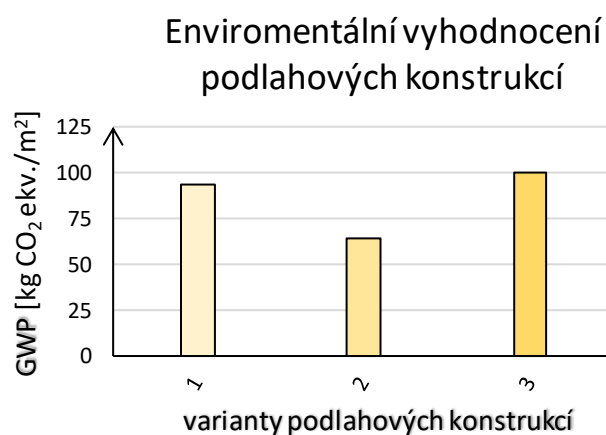
vrstva	název	d	V	M	λ	R	GWP	
		[m]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	[W/mK]	[m ² K/W]	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./m ²]
1								
1	Plechová falcovaná krytina	0,001	-	2,80	-	-	8,920	24,976
2	OSB deska	0,030	660	19,80	-	-	-1,168	-23,126
	Σ	0,031						1,850
2								
1	Betonová střešní taška	0,026	-	40,00	-	-	0,198	7,920
2	Střešní latě	0,060	540	6,48	-	-	-1,409	-9,130
	Σ	0,086						-1,210
3								
1	Keramická pálená střešní taška	0,035	-	40,00	-	-	0,200	8,000
2	Střešní latě	0,060	540	6,48	-	-	-1,409	-9,130
	Σ	0,095						-1,130
4								
* 1	Dřevěná šindel	0,012	-	-	-	-	-	-16,156
2	Střešní latě	0,060	540	6,48	-	-	-1,409	-9,130
	Σ	0,072						-25,286

Poznámka:

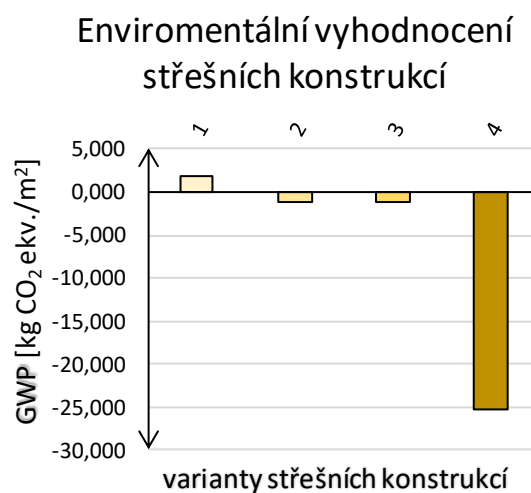
* Hodnota GWP byla převzata z internetového zdroje, odkaz vložen do seznamu citované literatury



Obrázek 30 - Environmentální vyhodnocení obvodových stěn



Obrázek 29 - Environmentální vyhodnocení podlahových konstrukcí



Obrázek 31 - Environmentální vyhodnocení střešních konstrukcí

Při vyhodnocení variant všech konstrukcí byly jasně vidět výhody u použití přírodních materiálů, které jako jediné, jak už bylo zmíněno, mají schopnost pohlcovat ve fázi růstu CO₂. Tohoto poznatku jsem dále využil při návrhu druhotných konstrukcí a celý rodinný dům i s garáží koncipoval jako dřevostavbu s použitím izolačních materiálů na bázi dřeva.

Jako obvodová stěna byla nejlépe vyhodnocena kombinace CLT panelů s použitím foukané celulózové izolace s vnější dřevovláknitou deskou pro přerušení tepelných mostů.

U obvodové stěny se také jako schůdné řešení jeví použití kombinace materiálu vápenopískové cihly s fasádním šedým polystyrenem. Tato kombinace, byť má oproti použití materiálů na přírodní bázi znatelný dopad na globální oteplování, ve srovnání materiálů, které nejsou přírodní báze, vychází nejlépe.

Jako nejhorší se jeví použití vápenopískových cihel s minerální vatou. Je to dáno nejspíše tím, že vápenopísková cihla má oproti jiným nosným materiálům vyšší součinitel tepelné vodivosti λ . Je proto nutné použít, k dosažení celkového součinitele prostupu tepla U konstrukce více minerální vaty, která má vysoký indikátor GWP.

U podlahových konstrukcí v kontaktu se zeminou je použití přírodních materiálů limitováno vlhkostí, která je při klasickém založení většiny staveb, v základové spáře poměrně vysoká. Proto byly hodnoceny konstrukce s tepelným izolantem na bázi štěrku z pěnového skla, šedého polystyrenu a tepelné izolace s extrudovaným polystyrenem XPS. Jako nejlépe vyšla v hodnocení konstrukce, u které je použit jako izolant šedý polystyren.

Při vyhodnocení střešní krytiny vyšla nejlépe dle předpokladu krytina s dřevěnými šindele. Jako nosný systém krovu byly použity taktéž (jako u obvodové stěny) CLT panely s izolantem z dřevovláknité foukané izolace a vnějším izolantem z dřevovláknitých desek.

Na závěr hodnocení přidávám rekapitulaci materiálů s nejpříznivějšími výsledky, které byly zároveň použity ve finálních konstrukcích.

Použité materiály:

- obvodová stěna – var. 5_D (CLT panely s foukanou izolací)
- podlahová konstrukce – var. 2 (klasické založení s šedým polystyrenem)
- střešní konstrukce – var. 4 (dřevěné šindele)

3.6.2 Zdroj tepla

Podrobnějšímu komentáři k výpočtu potřeby tepla na vytápění jsem se věnoval v kapitole energetického konceptu, do této podkapitoly vkládám pouze výsledky.

Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy: 9,931 GJ 2,759 MWh

Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 555,8 m³

Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy: 187,2 m²

Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m³): 5,0 kWh/(m³.a)

Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 15 kWh/(m².a)

Hodnota byla stanovena pro počet denostupňů D = 3200.

Poznámka: Měrná potřeba tepla je stanovena bez vlivu účinností systémů výroby, distribuce a emise tepla.

Obrázek 32 - Potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla byla vyčíslena na 9,931 GJ. S touto hodnotou jsem dále při výběru finálního zdroje tepla pracoval.

Jako potenciální zdroje tepla jsem vybíral takové zdroje, u kterých se daly předpokládat nízké emise skleníkových plynů. Do výběru jsem zařadil kotel na zemní plyn, tepelné čerpadlo (vzduch/voda), tepelné čerpadlo (země/voda) a přímotopné elektrické vytápění. U každého zdroje tepla jsem stanovil jejich předpokládané účinnosti při výrobě a distribuci tepla a vypočetl finální spotřebu tepla na vytápění. Poté jsem vyčísлил jejich roční produkce emisí dle druhu energonositele.

VÝBĚR ZDROJE TEPLA

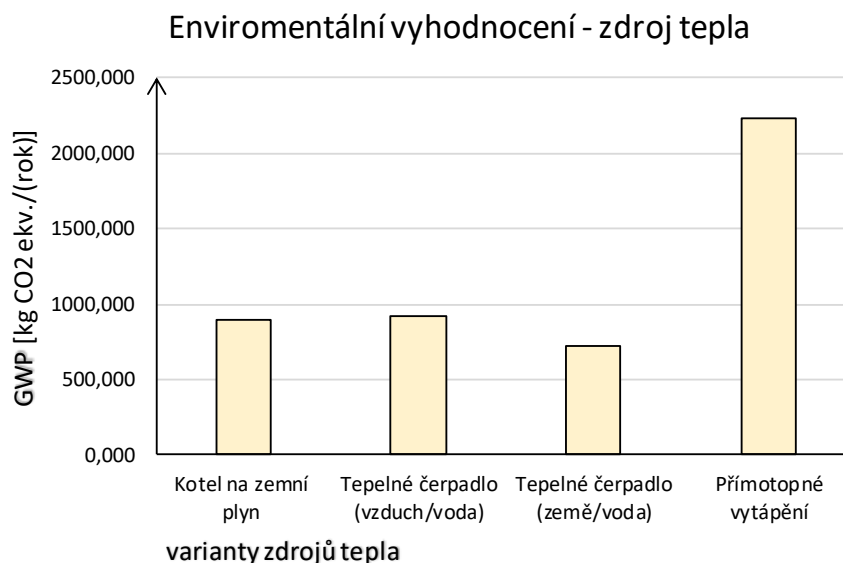
Tabulka 8 - Výběr zdroje tepla

označení	druh vytápění	účinnost zdroje tepla	účinnost otopné soustavy	roční spotřeba energie	GWP	GWP
		%/-	%	[MJ/rok]	[kg/MJ]	[kg CO ₂ ekv./(rok)]
1	Kotel na zemní plyn	90	88	12 539	0,072	897,803
2	Tepelné čerpadlo (vzduch/voda)	* 2,6	88	4 340	0,211	915,840
3	Tepelné čerpadlo (země/voda)	* 3,3	88	3 420	0,211	721,571
4	Přímotopné vytápění	100	94	10 565	0,211	2229,193

Poznámka:

Roční potřeba tepla byla vypočtena na hodnotu: 9931 [MJ/rok]

* U zdroje tepla typu tepelné čerpadlo, je účinnost zdroje zaměněna za topný faktor tepelného čerpadla.



Obrázek 33 - Environmentální vyhodnocení – zdroj tepla

Jako nejlepší hodnocený zdroj tepla dopadlo tepelné čerpadlo (země/voda), s tímto zdrojem také pracuji dále v projektu. Navzdory tomu, že elektrická energie, kterou dodávám do tepelného čerpadla, má poměrně vysoké emise GWP, tak tato energie je potřeba (při započítání topného faktoru TČ) v mnohem menší míře, než je tomu u ostatních zdrojů tepla.

Jako alternativní zdroje tepla bych také mohl do projektu použít tepelné čerpadlo (vzduch/voda), které má oproti tepelnému čerpadlu (země/voda) o trochu horší topný faktor. V úvahu by také byla možnost použití kotle na zemní plyn, který má sice velkou potřebu dodané energie pro vyrobení stejného množství tepla, avšak jeho emise GWP jsou mnohem nižší, než je tomu u elektrického energonositele.

3.7 Celkové environmentální vyhodnocení

Environmentální profil jsem stanovil pouze pro rodinný dům a garáž, která s rodinným domem sousedí. Environmentální profil nebyl pro zahradní dům ani pro samofilterační jezírko stanoven. Nicméně lze předpokládat, že by tato zátěž v porovnání s rodinným domem byla velmi malá. Celkový environmentální profil jsem dle zadání vypočítal ve dvou variantách.

První varianta vzešla z nejlépe hodnocených konstrukcí, které jsem použil dále v projektu (dřevostavba s CLT panely a foukanou dřevovláknitou izolací).

Druhá varianta byla vypočítána z materiálů, které taktéž dopadly v hodnocení velmi dobře, avšak nejednalo se o čistě přírodní materiály z obnovitelných zdrojů, které by mohly ve fázi růstu pohltit CO₂. Tato druhá varianta byla vypočítána spíše pro zajímavost a pro vzájemné porovnání přírodních materiálů z obnovitelných zdrojů, které jsou schopny pohlcovat CO₂ a materiálů, které jsou spíše syntetického charakteru.

Níže uvedené materiály jsou použity jak u rodinného domu (**SO – 01**), tak garáže (**SO – 02**). Uvádím zde jen základní vrstvy tvořící skladby daných konstrukcí, přesné skladby jsou uvedeny v dokumenty skladby konstrukcí (pro výslednou variantu).

Do výpočtu environmentálních profilů jednotlivých variant jsem započítával základové konstrukce, hydroizolace, podsypy, zásypy, svislé nosné konstrukce, vodorovné nosné konstrukce, nosné konstrukce střešního pláště, střešní plášť, konstrukci schodiště, vnitřní dělicí konstrukce, nenosné obvodové konstrukce, povrchové úpravy, nášlapné vrstvy, otvorové výplně, tepelné a akustické izolace.

Použité materiály ve variantách jsou z důvodu vzájemné porovnatelnosti vypsány až na následující straně.

Použité materiály při environmentálních výpočtech v závislosti na variantě:

Použité materiály (**varianta 1 – přírodní materiály z obnovitelných zdrojů**):

- obvodová stěna (CLT panely s foukanou dřevovláknitou izolací)
- podlahová konstrukce (klasické založení na železobetonové základové desce s šedým polystyrenem)
- podlahová konstrukce 2NP (CLT panely)
- střešní konstrukce (CLT panely s foukanou dřevovláknitou izolací, s krytinou z dřevěných šindelů)
- vnitřní příčky (OSB desky s vloženou dřevovláknitou izolací a hliněnými omítkami)
- výplňové tvory (dřevěný rám s venkovní hliníkovou úpravou, izolační trojsklo)

Použité materiály (**varianta 2 – převážně syntetické materiály z neobnovitelných zdrojů**):

- obvodová stěna (vápenopískové cihly s šedým polystyrenem)
- podlahová konstrukce (klasické založení na železobetonové základové desce s šedým polystyrenem)
- podlahová konstrukce 2NP (železobetonová stropní deska)
- střešní konstrukce (OSB deska, KVH profily, izolace z minerální vaty, betonová střešní krytina)
- vnitřní příčky (vápenopískové cihly, vápenocementová omítka)
- výplňové tvory (dřevěný rám s venkovní hliníkovou úpravou, izolační trojsklo)

Hodnocení je vloženo na začátek následující stránky z důvodu již přednastaveného formátování stránek při výpočtu v programu MS Excel.

3.7.1 Varianta 1 – přírodní materiály z obnovitelných zdrojů

Tabulka 9 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 1

STANOVENÍ ENVIROMENTÁLNÍHO PROFILU PRO RODINNÝ DŮM - SO01

vrstva	konstrukce/materiál	V [kg/m ³]	výměra [m ²]	životnost rok	GWP [kg CO ₂ ekv./kg]	GWP [kg CO ₂ ekv./(rok)]
ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE						
1	Hydroizolace	1220	0,47	50	0,655	7,512
2	Železobetonová deska	2400	24,72	50	0,145	172,051
3	Drenážní šterková vrstva	1800	6,36	50	0,004	0,916
	Σ					180,479
SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE						
1	CLT panel	500	13,93	50	-1,632	-227,338
VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE (BEZ OMÍTEK)						
1	CLT panel	500	2,52	50	-1,632	-41,126
2	Nosníky	540	1,54	50	-1,259	-20,940
3	Suchý vsyp	400	3,21	50	0,333	8,551
4	CLT panel	500	2,52	50	-1,632	-41,126
	Σ					-94,641
NOSNÉ KONSTRUKCE STŘECHY						
1	CLT panel	500	3,39	50	-1,632	-55,325
2	KVH profil	540	1,28	50	-1,259	-17,404
3	Kontralatě	540	0,50	50	-1,409	-7,654
4	Střešní latě	540	0,65	50	-1,409	-9,815
	Σ					-90,199
NENOSNÉ OBVODOVÉ KONSTRUKCE						
1	Foukaná celulózová izolace	65	89,19	25	-0,907	-210,328
2	Dřevovláknitá deska	260	34,62	25	-0,183	-65,889
3	Dřevěný obklad	630	1,210	25	-1,140	-34,761
4	Nosné sloupky	540	1,16	50	-1,409	-17,652
	Σ					-328,629
SCHODIŠTĚ						
1	Dřevěné schodiště	540	0,11	50	-1,409	-1,674
2	Dřevěná pomocná konstrukce schodiště	540	0,08	50	-1,409	-1,287
	Σ					-2,961
PŘÍČKY						
1	OSB deska	660	2,71	50	-1,168	-41,720
2	Měkká dřevovláknitá deska	260	3,76	50	-0,183	-3,578
3	Nosné sloupky	540	0,990	50	-1,409	-15,065
4	Keramický obklad	2200	0,330	50	0,717	10,411
5	Sádkartón	850	0,760	50	0,203	2,623
	Σ					-47,329
STŘEŠNÍ KRYTINA						
1	Dřevěná šindel	-	1,51	25	-	-81,209
KONSTRUKCE PODLAH						
1	Šedý polystyren EPS	15	10,53	50	3,350	10,583
2	Dřevovláknitá kročejová izolace	160	5,70	50	-0,113	-2,061
3	Laminátová dřevěná podlaha	600	1,46	50	0,657	11,511
5	OSB desky 2x	660	4,59	50	-1,168	-70,767
6	Geotextilie	46	0,20	50	2,820	0,519
7	Suchý násyp	400	4,01	50	0,333	10,683
9	Dlažba	2000	0,34	50	0,717	9,751
10	Hydroizolační stěrka	2400	0,06	50	1,290	3,715
	Σ					-26,067

Tabulka 10 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 1

OMÍTKY						
1	Fasádní omítka	1300	1,02	25	0,178	9,450
2	Hliněná omítka	1700	6,11	25	-0,045	-18,697
	Σ					-9,246

vrstva	konstrukce/materiál		výměra	životnost	GWP	GWP
			[m ²]	rok	[kg CO ₂ ekv./m ²]	[kg CO ₂ ekv./((rok))]

VNĚJŠÍ VÝPLNĚ OTVORŮ						
1	Dřevohliníková okna s izolačním trojsklem		49,47	25	35,500	70,247
2	Dřevěné izolované dveře		1,77	25	-57,000	-4,036
	Σ					66,212

vrstva	konstrukce/materiál	M	výměra	životnost	GWP	GWP
		[kg/m ²]	[m ²]	rok	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./((rok))]

VNĚJŠÍ VÝPLNĚ OTVORŮ						
1	Prášková barva	0,65	12,24	25	5,700	1,814

FÁZE VÝSTAVBY - SO01						
					GWP	
					[kg CO ₂ ekv./rok]	
1	ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE				180,479	
2	SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE				-227,338	
3	VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE (BEZ OMÍTEK)				-94,641	
4	NOSNÉ KONSTRUKCE STŘECHY				-90,199	
5	NENOSNÉ OBVODOVÉ KONSTRUKCE				-328,629	
6	SCHODIŠTĚ				-2,961	
7	PŘÍČKY				-47,329	
8	STŘEŠNÍ KRYTINA				-81,209	
9	KONSTRUKCE PODLAH				-26,067	
10	OMÍTKY				-9,246	
11	VNĚJŠÍ VÝPLNĚ				68,026	
	Σ					-659,115

Tabulka 11 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 1

STANOVENÍ ENVIROMENTÁLNÍHO PROFILU PRO GARÁŽ - SO02

vrstva	konstrukce/materiál	V	výměra	životnost	GWP	GWP
		[kg/m ³]	[m ³]	rok	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./(rok)]
ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE						
1	Hydroizolace	1220	0,22	50	0,655	3,516
2	Železobetonová deska	2400	12,25	50	0,145	85,260
3	Drenážní štěrková vrstva	1800	3,31	50	0,004	0,476
	Σ					89,252
SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE						
1	CLT panel	500	4,77	50	-1,632	-77,846
VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE (BEZ OMÍTEK) = NOSNÉ KONSTRUKCE STŘECHY						
1						
2						
3						
NOSNÉ KONSTRUKCE STŘECHY						
1	CLT panel	500	1,28	50	-1,632	-20,890
2	Nosníky	540	1,54	50	-1,259	-20,940
3	CLT panel	500	1,28	50	-1,632	-20,890
	Σ					-62,719
NENOSNÉ OBVODOVÉ KONSTRUKCE						
1	Foukaná celulósová izolace	65	5,67	25	-0,907	-13,371
2	Dřevolátní deska	260	2,24	25	-0,183	-4,263
3	Dřevěný obklad	630	1,01	25	-1,140	-29,015
4	Nosné sloupky	540	0,21	50	-1,409	-3,196
5	Šedý polystyren EPS	15	3,30	25	3,350	6,633
6	Parotěsná fólie	0,4	0,03	25	2,020	0,001
	Σ					-43,211
SCHODIŠTĚ						
1						
2						
PŘÍČKY						
1						
2						
3						
4						
5						
STŘEŠNÍ KRYTINA						
1	Hydroizolace	1220	0,19	25	0,655	6,073
2	Geotextilie	46	0,10	25	2,820	0,498
3	Kačírkové kamenivo	1800	2,40	25	0,004	0,691
4	Slunolamy	540	0,38	25	-1,409	-11,565
	Σ					-4,303
vrstva	konstrukce/materiál	M	výměra	životnost	GWP	GWP
		[kg/m ²]	[m ²]	rok	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./(rok)]
STŘEŠNÍ KRYTINA						
1	Prášková barva	0,65	12,96	25	5,700	1,921

Tabulka 12 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 1

vrstva	konstrukce/materiál	V	výměra	životnost	GWP	GWP
		[kg/m ³]	[m ³]	rok	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./((rok))]
KONSTRUKCE PODLAH						
1	Betonová mazanina	2300	3,34	50	0,103	15,815
2	Epoxidový nátěr	1200	0,03	50	1,090	0,876
	Σ					16,691
OMÍTKY						
1	Fasádní omítka	1300	0,28	25	0,178	2,629
vrstva	konstrukce/materiál		výměra	životnost	GWP	GWP
			[m ²]	rok	[kg CO ₂ ekv./m ²]	[kg CO ₂ ekv./((rok))]
VNĚJŠÍ VYPLNĚ OTVORŮ						
1	Dřevohliníková okna s izolačním trojsklem		2,59	25	35,500	3,678
2	Dřevěné izolované dveře		1,58	25	-57,000	-3,593
	Σ					0,085
vrstva	konstrukce/materiál	M	výměra	životnost	GWP	GWP
		[kg/m ²]	[m ²]	rok	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./((rok))]
VNĚJŠÍ VYPLNĚ OTVORŮ (prášková barva)						
1	Prášková barva	0,65	12,24	25	5,700	1,814
vrstva	konstrukce/materiál	V	výměra	životnost	GWP	GWP
		[kg/m ³]	[m ³]	rok	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./((rok))]
VNĚJŠÍ VYPLNĚ OTVORŮ (garážová vrata)						
1	Pur pěna (garážová vrata)	32	1,58	25	4,300	8,674
2	Pozinkovaný plech	7800	0,01	25	1,630	6,842
	Σ					15,516
FÁZE VÝSTAVBY - SO02						
					GWP	
					[kg CO ₂ ekv./rok]	
1	ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE					89,252
2	SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE					-77,846
3	VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE (BEZ OMÍTEK)					0,000
4	NOSNÉ KONSTRUKCE STŘECHY					-62,719
5	NENOSNÉ OBVODOVÉ KONSTRUKCE					-43,211
6	SCHODIŠTĚ					0,000
7	PŘÍČKY					0,000
8	STŘEŠNÍ KRYTINA					-4,303
9	KONSTRUKCE PODLAH					16,691
10	OMÍTKY					2,629
11	VNĚJŠÍ VYPLNĚ					17,415
					Σ	-62,092

3.7.2 varianta 2 – převážně syntetické materiály z neobnovitelných zdrojů

Tabulka 13 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 2

STANOVENÍ ENVIROMENTÁLNÍHO PROFILU PRO RODINNÝ DŮM - SO01

vrstva	konstrukce/materiál	V [kg/m ³]	výměra [m ³]	životnost rok	GWP [kg CO ₂ ekv./kg]	GWP [kg CO ₂ ekv./(rok)]
ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE						
1	Hydroizolace	1220	0,47	50	0,655	7,512
2	Železobetonová deska	2400	24,72	50	0,145	172,051
3	Drenážní šterková vrstva	1800	6,36	50	0,004	0,916
	Σ					180,479
SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE						
1	Vápenopísková cihla	1600	33,53	50	0,105	112,661
VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE (BEZ OMÍTEK)						
1	Železobetonový strop	2400	20,59	50	0,145	143,306
NOSNÉ KONSTRUKCE STŘECHY						
1	Sádkokarton	850	1,41	50	0,203	4,875
2	Latě předstěna	540	0,43	50	-1,409	-6,543
1	OSB deska	660	1,69	50	-1,168	-26,087
2	KVH profil	540	1,28	50	-1,259	-17,404
3	Kontralatě	540	0,50	50	-1,409	-7,654
4	Střešní latě	540	0,65	50	-1,409	-9,815
	Σ					-60,960
NENOSNÉ OBVODOVÉ KONSTRUKCE						
1	Minerální vata	147	25,20	25	1,640	243,009
2	Pojistná hydroizolace	1100	0,24	25	0,819	8,649
3	Šedý polystyren EPS	15	35,79	25	3,350	71,938
4	Nosné sloupky	540	3,35	50	-1,409	-50,978
5	Dřevěný obklad	630	1,210	25	-1,140	-34,761
	Σ					237,857
SCHODIŠTĚ						
1	Dřevěné schodiště	540	0,11	50	-1,409	-1,674
2	Dřevěná pomocná konstrukce schodiště	540	0,08	50	-1,409	-1,287
	Σ					-2,961
PŘÍČKY						
1	Vápenopísková cihla	1600	18,26	50	0,105	61,347
4	Keramický obklad	2200	0,330	50	0,717	10,411
	Σ					71,758
STŘEŠNÍ KRYTINA						
1	Betonová střešní taška	40	3,12	25	0,198	0,988
KONSTRUKCE PODLAH						
1	Šedý polystyren EPS	15	10,53	50	3,350	10,583
2	Dřevovláknitá kročejová izolace	160	5,70	50	-0,113	-2,061
3	Laminátová dřevěná podlaha	600	1,46	50	0,657	11,511
5	OSB desky 2x	660	4,59	50	-1,168	-70,767
6	Geotextilie	46	0,20	50	2,820	0,519
9	Dlažba	2000	0,34	50	0,717	9,751
10	Hydroizolační stěrka	2400	0,06	50	1,290	3,715
	Σ					-36,749
OMÍTKY						
1	Fasádní omítka	1300	1,02	25	0,178	9,450
2	Hliněná omítka	1700	6,11	25	-0,045	-18,697
3	Vnitřní vápenocementová omítka	1600	1,22	25	0,155	12,063
	Σ					-9,246

Tabulka 14 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 2

vrstva	konstrukce/materiál		výměra	životnost	GWP	GWP
			[m ²]	rok	[kg CO ₂ ekv./m ²]	[kg CO ₂ ekv./rok]

VNĚJŠÍ VÝPLNĚ OTVORŮ

1	Dřevohliníková okna s izolačním trojsklem		49,47	25	35,500	70,247
2	Dřevěné izolované dveře		1,77	25	-57,000	-4,036
	Σ					66,212

vrstva	konstrukce/materiál	M	výměra	životnost	GWP	GWP
		[kg/m ²]	[m ²]	rok	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./rok]

VNĚJŠÍ VÝPLNĚ OTVORŮ

1	Prášková barva	0,65	12,24	25	5,700	1,814
---	----------------	------	-------	----	-------	-------

FÁZE VÝSTAVBY - SO01

		GWP
		[kg CO ₂ ekv./rok]
1	ZAKLADOVÉ KONSTRUKCE	180,479
2	SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE	112,661
3	VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE (BEZ OMÍTEK)	143,306
4	NOSNÉ KONSTRUKCE STŘECHY	-60,960
5	NENOSNÉ OBVODOVÉ KONSTRUKCE	237,857
6	SCHODIŠTĚ	-2,961
7	PŘÍČKY	71,758
8	STŘEŠNÍ KRYTINA	0,988
9	KONSTRUKCE PODLAH	-36,749
10	OMÍTKY	-9,246
11	VNĚJŠÍ VÝPLNĚ	68,026
	Σ	705,157

Tabulka 15 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 2

STANOVENÍ ENVIROMENTÁLNÍHO PROFILU PRO GARÁŽ - SO02

vrstva	konstrukce/materiál	V	výměra	životnost	GWP	GWP
		[kg/m ³]	[m ³]	rok	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./((rok))]
ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE						
1	Hydroizolace	1220	0,22	50	0,655	3,516
2	Železobetonová deska	2400	12,25	50	0,145	85,260
3	Drenážní štěrková vrstva	1800	3,31	50	0,004	0,477
	Σ					89,253
SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE						
1	Vápenopisková cihla	1600	14,19	50	0,105	47,678
VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE (BEZ OMÍTEK) = NOSNÉ KONSTRUKCE STŘECHY						
1						
2						
3						
NOSNÉ KONSTRUKCE STŘECHY						
1	Železobetonový strop	2400	9,90	50	0,145	68,904
NENOSNÉ OBVODOVÉ KONSTRUKCE						
1	Šedý polystyren EPS	15	12,12	25	3,350	24,361
2	Dřevěný obklad	630	1,01	25	-1,140	-29,015
3	Nosné sloupky	540	0,84	50	-1,409	-12,782
4	Parotěsná fólie	0,4	0,03	25	2,020	0,001
	Σ					-17,435
SCHODIŠTĚ						
1						
2						
PŘÍČKY						
1						
2						
3						
4						
5						
STŘEŠNÍ KRYTINA						
1	Hydroizolace	1220	0,19	25	0,655	6,073
2	Geotextilie	46	0,10	25	2,820	0,498
3	Kačírkové kamenivo	1800	2,40	25	0,004	0,691
4	Slunolamy	540	0,38	25	-1,409	-11,565
	Σ					-4,303
vrstva	konstrukce/materiál	M	výměra	životnost	GWP	GWP
		[kg/m ²]	[m ²]	rok	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./((rok))]
STŘEŠNÍ KRYTINA						
1	Prášková barva	0,65	12,96	25	5,700	1,921
vrstva	konstrukce/materiál	V	výměra	životnost	GWP	GWP
		[kg/m ³]	[m ³]	rok	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./((rok))]
KONSTRUKCE PODLAH						
1	Betonová mazanina	2300	3,34	50	0,103	15,815
2	Epoxidový nátěr	1200	0,03	50	1,090	0,876
	Σ					16,691

Tabulka 16 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 2

OMÍTKY						
1	Fasádní omítka	1300	0,28	25	0,178	2,629
2	Vnitřní vápenocementová omítka	1600	1,12	25	0,155	11,110
	Σ					13,739
vrstva	konstrukce/materiál		výměra	životnost	GWP	GWP
			[m ²]	rok	[kg CO ₂ ekv./m ²]	[kg CO ₂ ekv./(rok)]
VNĚJŠÍ VÝPLNĚ OTVORŮ						
1	Dřevohliníková okna s izolačním trojsklem		2,59	25	35,500	3,678
2	Dřevěné izolované dveře		1,58	25	-57,000	-3,593
	Σ					0,085
vrstva	konstrukce/materiál	M	výměra	životnost	GWP	GWP
		[kg/m ²]	[m ²]	rok	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./(rok)]
VNĚJŠÍ VÝPLNĚ OTVORŮ (prášková barva)						
1	Prášková barva	0,65	12,24	25	5,700	1,814
vrstva	konstrukce/materiál	V	výměra	životnost	GWP	GWP
		[kg/m ³]	[m ³]	rok	[kg CO ₂ ekv./kg]	[kg CO ₂ ekv./(rok)]
VNĚJŠÍ VÝPLNĚ OTVORŮ (garážová vrata)						
1	Pur pěna (garážová vrata)	32	1,58	25	4,300	8,674
2	Pozinkovaný plech	7800	0,01	25	1,630	6,842
	Σ					15,516
FÁZE VÝSTAVBY - SO02						
					GWP	
					[kg CO ₂ ekv./rok]	
1	ZAKLADOVÉ KONSTRUKCE				89,253	
2	SVISLÉ NOSNÉ KONSTRUKCE				47,678	
3	VODOROVNÉ NOSNÉ KONSTRUKCE (BEZ OMÍTEK)				0,000	
4	NOSNÉ KONSTRUKCE STŘECHY				68,904	
5	NENOSNÉ OBVODOVÉ KONSTRUKCE				-17,435	
6	SCHODIŠTĚ				0,000	
7	PŘÍČKY				0,000	
8	STŘEŠNÍ KRYTINA				-4,303	
9	KONSTRUKCE PODLAH				16,691	
10	OMÍTKY				13,739	
11	VNĚJŠÍ VÝPLNĚ				17,415	
	Σ				231,942	

3.7.3 Fáze provozu

Fáze provozu byla vypočtena pro obě varianty stejně. Jedná se o energetický koncept s výběrem zdroje tepla, který vzešel z variant jako nejvíce vhodný kvůli nízkým emisím skleníkových plynů.

Na střeše garáže jsou také použity fotovoltaické panely. Jejich produkce byla stanovena v roční bilanci a byla započtena v celkové bilanci produkci emisí ve fázi provozu.

O celkovém energetickém konceptu s podrobným komentářem je napsáno v kapitole Energetického konceptu a technických systémů. Zde jen vkládám finální výsledky a bilance energií včetně jejich ročních emisí.

Tabulka 17 - Environmentální vyhodnocení fáze provozu

FÁZE PROVOZU			
ČÍSLO	POLOŽKA	ROČNÍ SPOTŘEBA ENERGIE	ENERGONOSITEL
-	-	[MJ/rok]	-
1	vytápění	3 419,766	elektrická energie
2	větrání	1 826,000	elektrická energie
3	chlazení	0,000	-
4	zvlhčování	0,000	-
5	osvětlení	7 255,000	40%-fotovoltaický kol. 60%-elektrická energie
6	příprava teplé vody	3 733,939	elektrická energie
7	pomocné energie	0,000	-

ČÍSLO	POLOŽKA	EMISE CO ₂ ekv.	EMISE CO ₂ ekv.
-	-	[kg/MJ]	[kg CO ₂ ekv./((rok))]
1	vytápění	0,211	721,571
2	větrání	0,211	385,286
3	chlazení	-	0,000
4	zvlhčování	-	0,000
5	osvětlení	40% - 0,0029, 60% - 0,211	926,899
6	příprava teplé vody	0,211	787,861
7	pomocné energie	-	0,000
Σ			2821,617

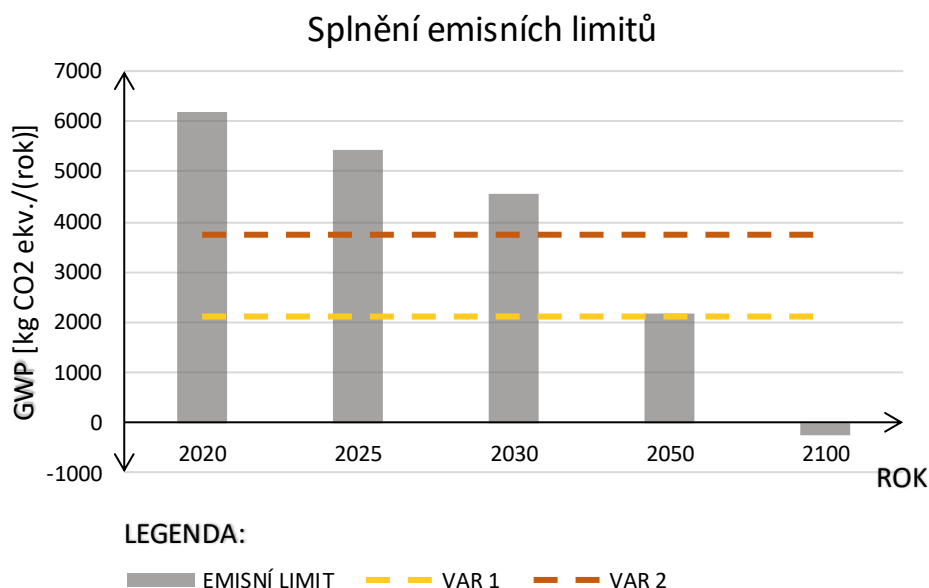
3.7.4 Výsledky environmentálních výpočtu

Po sečtení všech emisí ve fázi provozu a ve fázi výroby jsem začal emise porovnávat s jednotlivými emisními limity v rocích (2020, 2025, 2030, 2050, 2100), které jsem si stanovil interním výpočtem na rodinný dům.

Tabulka 18 - Součet environmentálního vyhodnocení

FÁZE VÝSTAVBY A PROVOZU VARIANTA 1 (DŘEVOSTAVBA)				
X	POLOŽKA DOPADU	VÝSTAVBA	PROVOZ	CELKEM
	EMISE CO ₂ ekv. [kg CO ₂ ekv./.(rok)]	-721,207	2821,617	2100,410

FÁZE VÝSTAVBY A PROVOZU VARIANTA 2 (KOMBINACE VPC A ŽB)				
X	POLOŽKA DOPADU	VÝSTAVBA	PROVOZ	CELKEM
	EMISE CO ₂ ekv. [kg CO ₂ ekv./.(rok)]	937,100	2821,617	3758,716



Obrázek 34 - Splnění emisních limitů

V prvních dvou hodnocených letech (2020, 2025) jsou na tom obě dvě konstrukce velice dobře. V roce 2030 by emisními limity splnily také splnily obě hodnocené konstrukce.

Nicméně v roce 2050, kdy je emisní limit pro udržení dlouhodobých klimatických cílů poměrně přísný, by tento limit splnila pouze konstrukce z varianty 1 – konstrukce z přírodních materiálů z obnovitelných zdrojů. Hodnoty GWP pro konstrukci z varianty 2 jsou poměrně vysoko nad limitem. Kvůli vysokým emisím

z fáze provozu je tak pro tuto konstrukci téměř nemožné tento emisní požadavek splnit.

V roce 2100, kdy je požadavek pro emisní limity minusový a předpokládá se, že hodnocené stavby budou tak po stanovení environmentálního profilu v environmentální bilanci více CO₂ pohlcovat než produkovat, je tento požadavek pro obě dvě hodnocené konstrukce nesplnitelný.

Nejblíže se mu můžeme přiblížit výstavbou s použitím přírodních materiálů, avšak při současných technologických možnostech nemůžeme použít bezemisní zdroj energií, který by nám pomohl tento limit splnit.

Řešením může být v budoucnu výstavba pomocí přírodních materiálů z obnovitelných zdrojů a zlepšení účinnosti současných technologií, které využívají obnovitelné zdroje energie. Lze také uvažovat o použití jaderných zdrojů energie, které jsou také bezemisní. V tomto případě, ale musíme zvážit i bezpečnostní rizika s nimi spojená.

Je jasné, že při současných technologických možnostech, jsme schopni stavět budovy s minimem produkce emisí, než tomu bylo doposud. Avšak je otázkou, jaký zdroj energie se v budoucnu dostane do popředí a přispěje tak k rozvoji udržitelné výstavby.

4. Konstrukční návrh rodinného domu

4.1 Obecný popis

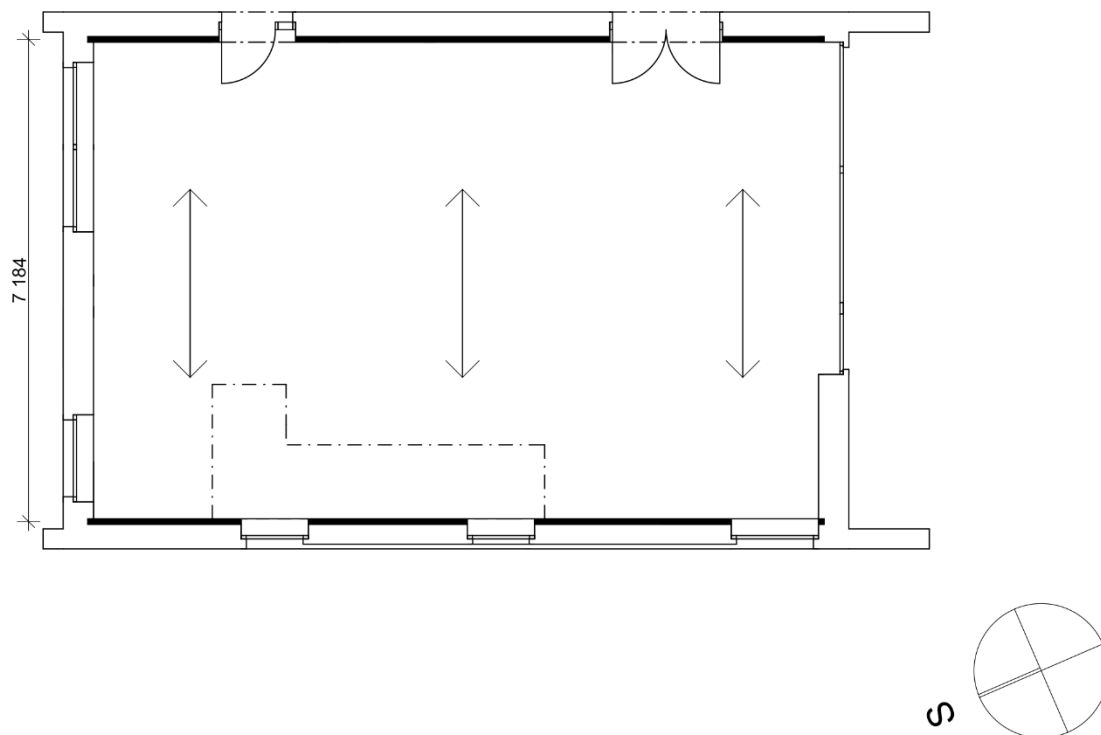
Rodinný dům má jedno nadzemní podlaží a obytné podkroví. Dům sousedí s přilehlou stávající garáží, která je určena pro parkování dvou osobních aut. Hlavní vchod do domu je orientován z východní strany objektu. Vstup na terasu rodinného domu je umožněn z obývací místnosti, která se nachází taktéž na východní straně objektu.

Konstrukční výška místnosti v 1NP rodinného domu je 3 000 mm. Střecha domu je sedlová se sklonem 35°. Výška hřebene střechy je 7 600 mm.

Garáž, která sousedí s rodinným domem, má plochou střechu, určenou pro osazení fotovoltaických panelů. Konstrukční výška garáže je 2 900 mm, výška atiky je 3 280 mm.

4.2 Konstrukční schéma

Konstrukční systém rodinného domu je řešen jako podélný jednotrakt s rozponem mezi stěnami 7 184 mm. Nosný konstrukční systém je z CLT panelů a



Obrázek 35 - Konstrukční schéma

prostorová tuhost dřevostavby je dána jak panely, tak vnitřními lehkými příčkami, které jsou opláštěny z OSB desek.

4.3 Popis konstrukcí

Přesné skladby konstrukcí jsou uvedeny v příloze v dokumentaci k diplomní práci. V projektové dokumentaci je také komplexní řez, který řeší nejběžnější návaznosti konstrukcí v rodinném domu. Zde jsou jen uvedeny základní charakteristiky konstrukce rodinného domu.

Rodinný dům je postaven z přírodních materiálů, většinou na bázi dřeva. V projektu je využit konstrukční systém z CLT panelů od firmy Novatop. [21] Do projektu jsem zapracoval jejich typové produkty a rovněž detaily jsem řešil dle jejich typových řešení, které jsou k dispozici na jejich stránkách.

Všechny obvodové konstrukce s jejich tepelně technickým posouzením byly spočteny v programu Teplo 2017 EDU [22], protokoly s výsledky jsou přiloženy do přílohové části diplomní práce.

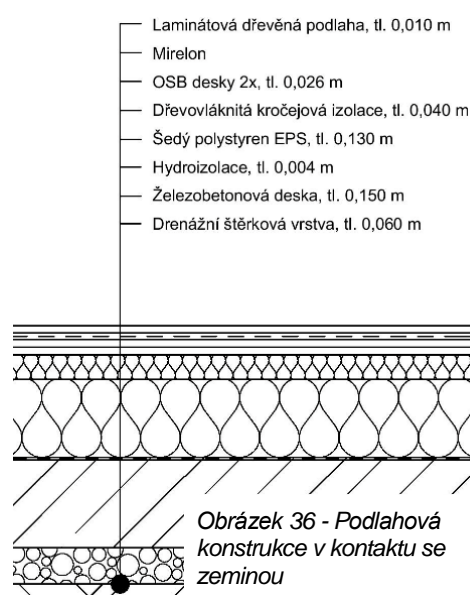
Všechny skladby, které jsem použil při návrhu rodinného domu, vzešly jako nejlépe hodnocené v environmentálním vyhodnocení – **varianta 1**.

4.3.1 Podlahová konstrukce v kontaktu se zemínou

Objekt je založen klasickým způsobem na základových patkách ze železobetonu. Ve skladbě podlahy je použit šedý polystyren s příměsí grafitu, který má oproti obyčejnému polystyrenu lepší tepelně izolační vlastnosti. K požadovanému celkovému součiniteli prostupu tepla je tak zapotřebí menší množství materiálu, který se podílí na svázané produkci emisí skleníkových plynů.

Tepelně technické posouzení:

- $U_{\text{podlaha}} = 0,201 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

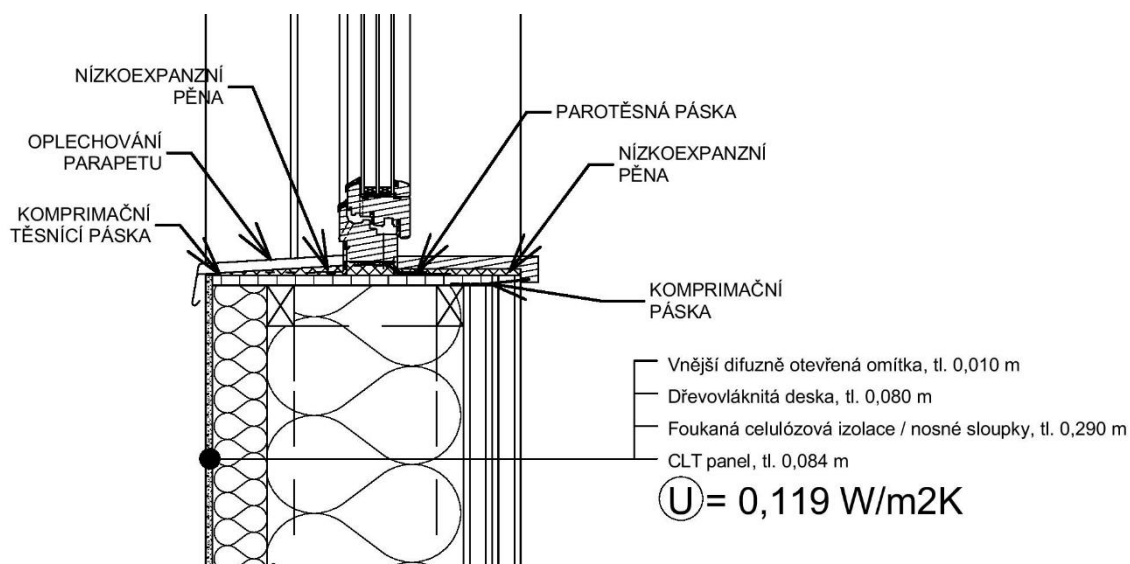


4.3.2 Obvodová stěna

Hlavní nosná část stěny je tvořena CLT panely, na kterých jsou pomocí dřevěného roštu uchyceny dřevovláknité tuhé desky. Mezera je vyplněna foukanou celulóзовou izolací.

Tepelně technické posouzení:

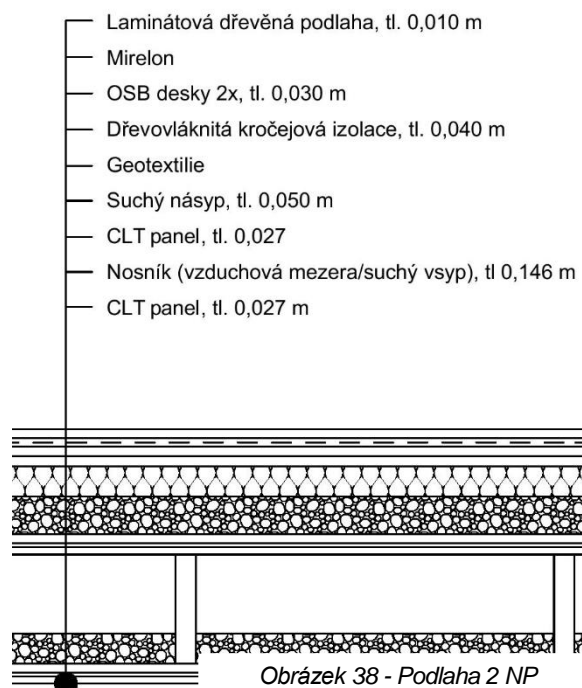
- $U_{stěna} = 0,119 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$



Obrázek 37 - Obvodová stěna

4.3.3 Podlaha 2 NP

Nosná část podlahy druhého nadzemního podlaží je tvořena dvěma CLT panely s dřevěným nosníkem. V podlaze je zabudován suchý podsyp pro zvýšení vzduchové neprůzvučnosti.



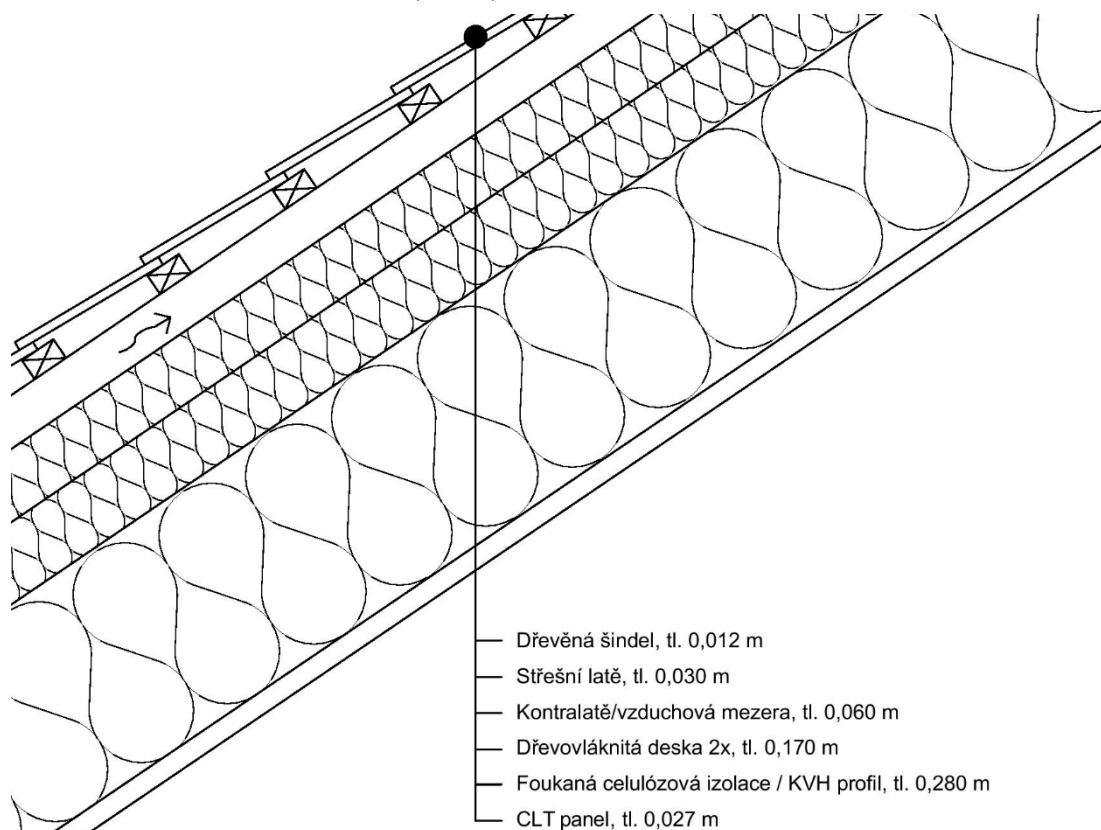
Obrázek 38 - Podlaha 2 NP

4.3.4 Střešní konstrukce

Střešní konstrukce je tvořena pomocí CLT panelu s KVH profily, které jsou zaklopeny dřevovláknitými deskami. Mezi KVH profily je zafoukána celulózová izolace. Nad dřevovláknitými deskami je provedena odvětrávaná vzduchová mezera pomocí kontralatí. Finální střešní krytina byla provedena z dřevěných šindelů.

Tepelně technické posouzení:

- $U_{\text{střecha}} = 0,103 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$



Obrázek 39 - Střešní konstrukce

4.3.5 Vnitřní dělicí konstrukce

Vnitřní dělicí konstrukce jsou provedeny z dřevěných profilů, opláštěných z obou stran OSB deskami. Mezi dřevěnými profily je vložena dřevovláknitá izolace. Jako finální povrchová úprava byla vybrána hliněná omítka.

5. Energetický koncept a technické systémy

5.1 Koncept TUV a vytápění

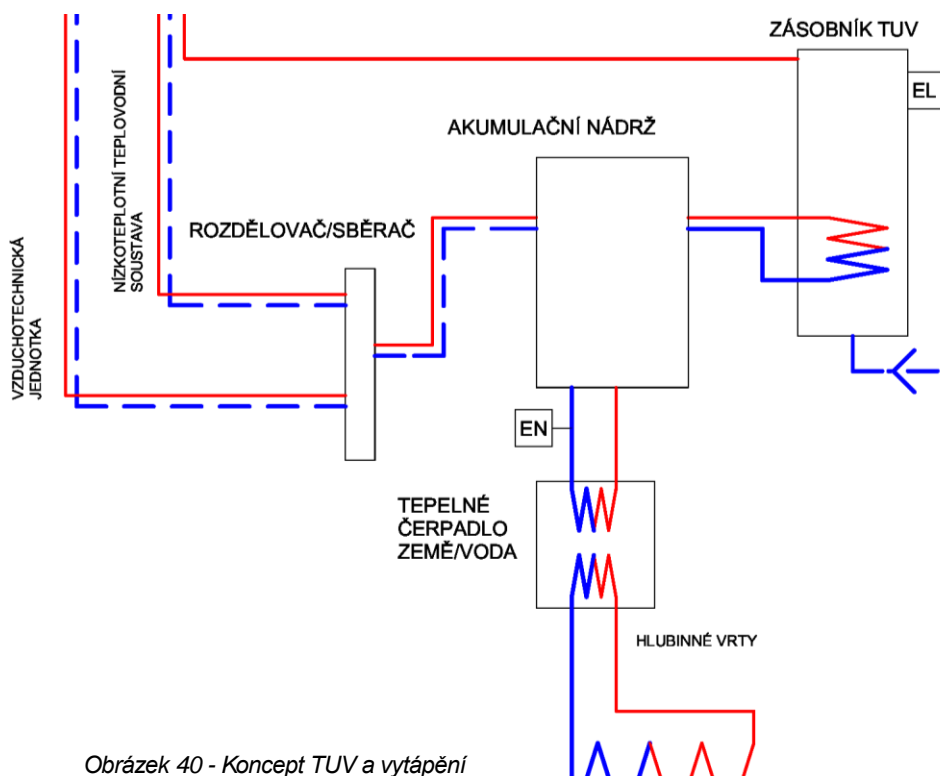
Objekt je vytápěn pomocí tepelného čerpadla země/voda, které dopadlo nejlépe v environmentálním vyhodnocení. Tepelné čerpadlo odebírá teplo z hlubiny vrtu. Plošné kolektory by byly poměrně složité zabudovat do plochy pozemku, kvůli poměrně limitující nezastavěné ploše.

Teplo z tepelného čerpadla se akumuluje v nádrži, na kterou je připojen zásobník teplé užitkové vody.

Z důvodu velkých investičních nákladů je zásobník TUV ohříván pouze pomocí tepelného čerpadla. Uvažoval jsem i o variantě zabudování střešních fototermických panelů, avšak byla by to velká počáteční investice a v létě by se mi oba dva systémy ohřevu TUV kryly.

Rozvody z akumulární nádrže jsou dále napojeny na rozdělovač a sběrač, odkud je objekt vytápěn nízkoteplotní otopnou soustavou, další rozvody tepla vedou k vzduchotechnické jednotce pro předehřev venkovního exteriérového vzduchu v zimním období.

Všechny zařízení k ohřevu vody a vytápění jsou umístěny v technické místnosti.



Obrázek 40 - Koncept TUV a vytápění

Rozvody vytápění jsou vedeny v přízemí v tepelné izolaci. V patře jsou vedeny ve vrstvě násypu.

Jako otopná tělesa byla zvolena v přízemí rodinného domu podlahové konvektory, které jsou umístěny u prosklených konstrukcí. V patře byla zvolena nástěnná otopná tělesa kvůli nedostatečné výšce podsypu. U prosklené stěny byla použita otopná lavice.

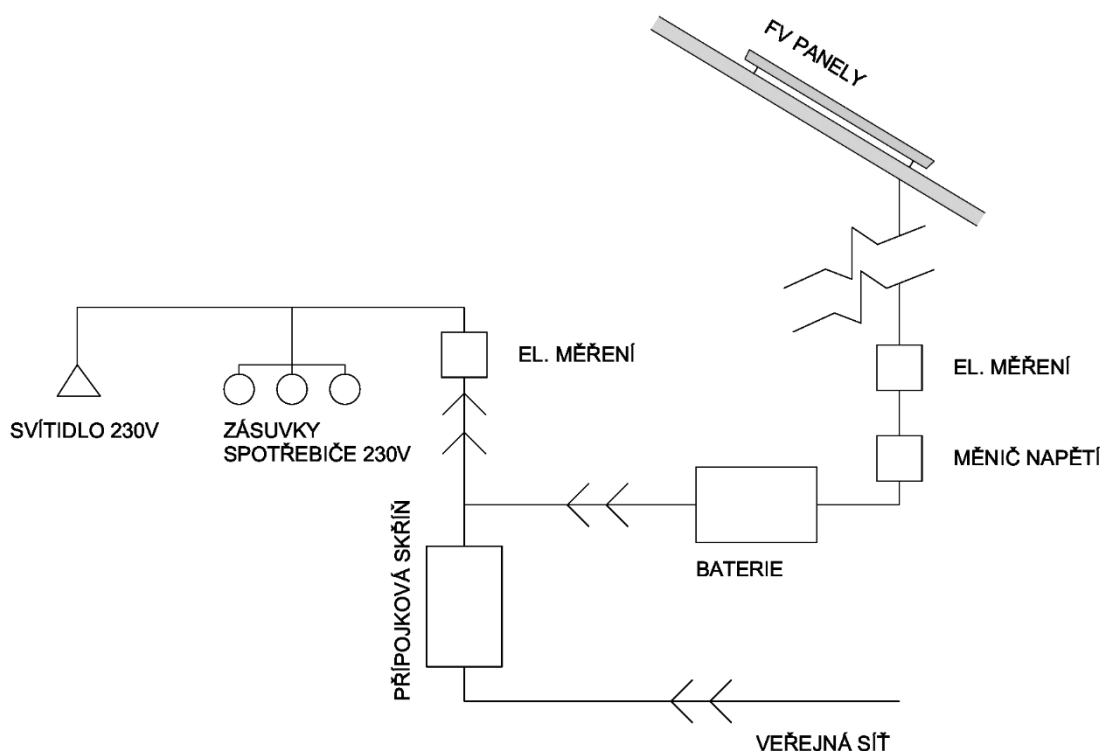
Rozvody vytápění jsou v jednotlivých podlažích schematicky zakresleny v projektové dokumentaci, která je přiložena k diplomní práci.

5.2 Koncept produkce a dodávky elektrické energie

Elektrická energie je vyráběna pomocí fotovoltaických panelů o celkovém výkonu 3 kWp. Roční produkce elektřiny je popsána v následující podkapitole.

Fotovoltaické panely jsou umístěny na střeše garáže o celkovém počtu 12 panelů. Jeden panel má nominální výkon 250 kWp. Panely jsou orientovány směrem na jih pod úhlem 35 °.

K fotovoltaickým panelům je připojena akumulční baterie, aby došlo k maximálnímu využití vyrobené energie. Sekundárně je elektrická energie dodávána v případě potřeby z veřejné sítě.



Obrázek 41 - Koncept výroby elektrické energie

5.3 Koncept větrání

Při návrhu bylo důležité omezit plýtvání energiemi, proto bylo nezbytné navrhnout dům s rekuperační vzduchotechnickou jednotkou, která bude mít vysokou účinnost. Jednotka je umístěna v technické místnosti rodinného domu a zařízení jednotky pro přehřev vzduchu je napojeno na rozdělovač/sběrač, ke kterému je připojena akumulární nádrž.

Rodinný dům je větrán rovnotlakou vzduchotechnickou jednotkou s konečnými prvky talířových výustek. Rozvody vzduchotechnického potrubí jsou vedeny v podhledu stropních konstrukcí.

Rozvody vzduchotechnického potrubí jsou v jednotlivých podlažích schematicky zakresleny v projektové dokumentaci, která je přiložena k diplomní práci.

5.4 Energetická bilance

5.4.1 Roční bilance produkce fotovoltaických panelů

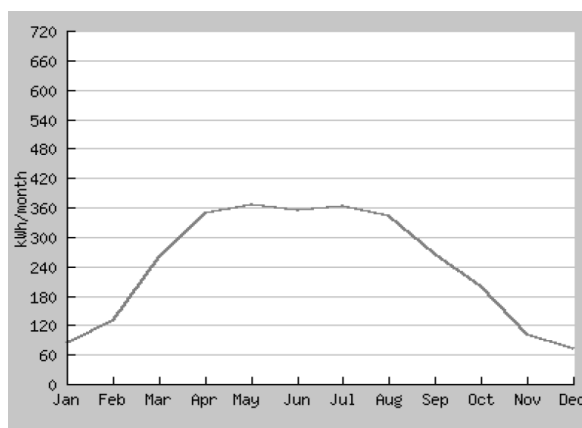
Roční bilance výroby energie byla vypočtena přes online program PVGIS [23]. Geografické údaje a okrajové podmínky byly vybrány pro obec Předměřice nad Labem. Z výsledku výpočtu vyplývá, že z 12 fotovoltaických panelů o celkovém výkonu 3 kWp lze během roku vyrobit až 2 880 kWh.

Tabulka 19 - Roční produkce elektřiny

Fixed system: inclination=35 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	2.66	82.3	1.05	32.5
Feb	4.60	129	1.84	51.5
Mar	8.33	258	3.46	107
Apr	11.60	349	5.01	150
May	11.80	366	5.21	161
Jun	11.80	355	5.31	159
Jul	11.70	362	5.32	165
Aug	11.10	344	5.00	155
Sep	8.83	265	3.84	115
Oct	6.37	197	2.68	83.0
Nov	3.36	101	1.37	41.2
Dec	2.28	70.8	0.91	28.2
Year	7.89	240	3.42	104
Total for year		2880		1250

Ed: Average daily electricity production from the given system

Em: Average monthly electricity production from the given system



Obrázek 42 - Graf roční produkce elektřiny

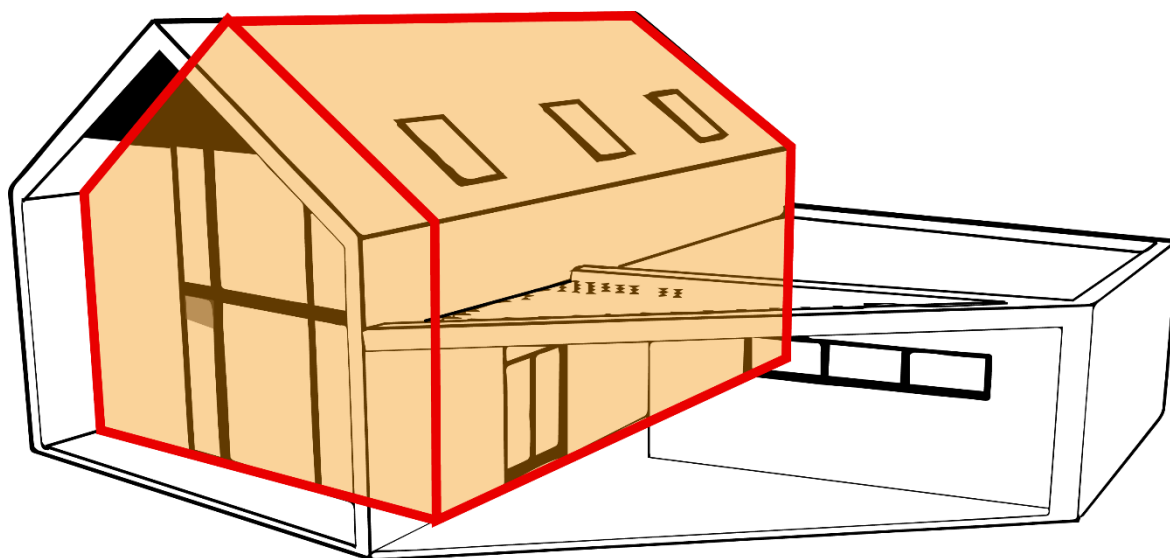
Touto hodnotou jsem tak zjistil, že z celkové energie potřebné pro osvětlení, lze tuto energii pokrýt přibližně 40 % z produkce fotovoltaických panelů. Takto vyprodukovaná energie má mnohem menší emise než energie dodaná ze sítě a při environmentálních výpočtech jsem tak dosáhnul mnohem menší hodnoty při výpočtu emisí skleníkových plynů.

5.4.2 Celková roční bilance energie

Výpočet jsem prováděl pouze pro rodinný dům, garáž jsem koncipoval jako nevytápěný prostor, který se může v opravdu zimních minusových teplotách pouze občas temperovat. Došlo tak k určitému zjednodušení, avšak lze předpokládat, že dodaná energie pro provoz garáže bude oproti rodinnému domu zanedbatelná.

Výpočet potřeby tepla na vytápění jsem prováděl v programu Energie 2016 EDU [19], kde bylo provedeno i hrubé stanovení všech ročních dodaných energií. Výpočtový protokol je vložen do přílohové části diplomní práce.

Systémová hranice vytápěné zóny rodinného domu je kompaktního tvaru bez složitých konstrukcí a výčnělků tak, aby byly minimalizovány plochy ochlazovaných stěn.



Obrázek 43 - Systémová hranice vytápěné zóny

Prosklení je v největší míře na jižní fasádě objektu. Lze tak předpokládat poměrně velké solární zisky v zimním období. Prosklená fasáda je rovněž chráněna proti letnímu přehřívání systémy fasádního stínění (slunolamy, venkovními žaluziemi).

Rodinný dům při výpočtu vyhověl podmínkám pro domy pasivního standardu a splnil tak základní předpoklad k tomu minimalizaci produkce emisí díky nízké potřebě na vytápění.

Pro shrnutí energetických bilancí rodinného domu vkládám nejsledovanější parametry po vyhodnocení z programu Energie 2016 EDU. [19]

Průměrný součinitel prostupu tepla zóny

Měrný tepelný tok prostupem obálkou zóny Ht:	89,2 W/K
Plocha obalových konstrukcí zóny:	424,8 m ²
Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) U _{em} ,N,20:	0,46 W/m ² K
Průměrný součinitel prostupu tepla zóny U_{em}:	0,21 W/m²K

Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy:	9,931 GJ	2,759 MWh
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	555,8 m ³	
Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy:	187,2 m ²	
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m ³):	5,0 kWh/(m ³ .a)	
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy:	15 kWh/(m².a)	

Hodnota byla stanovena pro počet denostupňů D = 3200.

Poznámka: Měrná potřeba tepla je stanovena bez vlivu účinnosti systémů výroby, distribuce a emise tepla.

Dodané energie:

Vyp.spotřeba energie na vytápění za rok Q _{fuel,H} :	14,073 GJ	3,909 MWh	21 kWh/m ²
Pomocná energie na vytápění Q _{aux,H} :	0,529 GJ	0,147 MWh	1 kWh/m ²
Dodaná energie na vytápění za rok EP,H:	14,602 GJ	4,056 MWh	22 kWh/m²
Vyp.spotřeba energie na chlazení za rok Q _{fuel,C} :	---	---	---
Pomocná energie na chlazení Q _{aux,C} :	---	---	---
Dodaná energie na chlazení za rok EP,C:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na úpravu vlhkosti Q _{fuel,RH} :	---	---	---
Pomocná energie na úpravu vlhkosti Q _{aux,RH} :	---	---	---
Dodaná energie na úpravu vlhkosti EP,RH:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na nucené větrání Q _{fuel,F} :	1,826 GJ	0,507 MWh	3 kWh/m ²
Pomocná energie na nucené větrání Q _{aux,F} :	---	---	---
Dodaná energie na nuc.větrání za rok EP,F:	1,826 GJ	0,507 MWh	3 kWh/m²
Vyp.spotřeba energie na přípravu TV Q _{fuel,W} :	12,322 GJ	3,423 MWh	18 kWh/m ²
Pomocná energie na přípravu teplé vody Q _{aux,W} :	---	---	---
Dodaná energie na přípravu TV za rok EP,W:	12,322 GJ	3,423 MWh	18 kWh/m²
Vyp.spotřeba energie na osvětlení a spotř. Q _{fuel,L} :	7,255 GJ	2,015 MWh	11 kWh/m ²
Dodaná energie na osvětlení za rok EP,L:	7,255 GJ	2,015 MWh	11 kWh/m²
Celková roční dodaná energie Q_{fuel}=EP:	36,005 GJ	10,001 MWh	53 kWh/m²

Obrázek 44 - Bilance dodaných energií

Závěr

Na začátku diplomové práce je rozepsáno o dlouhodobějších klimatických cílech a hlavní motivaci k vypracování diplomní práce na toto téma. V podkapitole jsou také stanoveny emisní limity, kterým jsem se svým návrhem rodinného domu chtěl, co nejvíce přiblížit a v nejlepším případě je po všechny hodnocené roky splnit. V další části je rozepsáno o architektonickém návrhu a k cestě k finální podobě rodinného domu. Jsou zde rozepsány hlavní myšlenky a rysy rodinného domu jsou doplněny o ilustrace pro lepší pochopení. V práci se poté zabývám environmentálním vyhodnocením v několika variantách, kde cílím, na co nejnížší produkci emisí skleníkových plynů. V této kapitole jsou poté vybrány dvě nejlépe hodnocené konstrukce a stanoven jejich environmentální profil z hlediska globálního oteplování. Závěr teoretické části diplomní práce jsem věnoval popisu konstrukčního a technologického řešení. Diplomová práce tak plynule přechází z teoretického začátku o tématu diplomní práce, k popisu jednotlivých výpočtových postupů a řešení při stanovení finální podoby rodinného domu.

Téma mé diplomní práce je poněkud netypické, jedná se však poměrně o rozsáhlý klimatický problém, na který bude potřeba v budoucnosti reagovat. Lze očekávat, že v budoucnu bude podobných projektů přibývat a dojde tak k větší osvětě a informovanosti architektů a stavebních projektantů.

Globální oteplování je celosvětový problém, jehož vývoj je v budoucnu těžké předpovídat. Je to následek velkého rozmachu technologické progrese z doby velké průmyslové revoluce, na který možná lidstvo zareagovalo příliš pozdě. Lze se jen domnívat, jaké hodnoty teplotního rozdílu překročí globální oteplování v dalším století.

V průběhu posledních let můžeme vidět snahu o redukci emisí skleníkových plynů, společně se snahou o snížení hodnot dalších indikátorů dopadu stavby na životní prostředí ve všech technologických odvětvích. Ve stavařském průmyslu v České republice začal tento krok s dotačními programy, které si kladly za cíl omezení spotřeby energie na vytápění.

Ovšem s nástupem nové legislativy “budov s téměř nulovou spotřebou energie“ a rozvojem výstavby nízkoenergetických a pasivních domů, které jsou prvním předpokladem pro udržitelnou výstavbu, se rozdíl mezi emisemi ve fázi provozu a v provozní fázi dramaticky zmenšuje. Můžeme předpokládat, že dotační

programy budou v budoucnu cílit i na redukci hodnot environmentálních ukazatelů primární energie a vzniklých škodlivin ve výrobní fázi. Lze také předpokládat i různé povinné certifikace založené na metodě SBToolCZ, kterými by museli investoři prokazovat svůj stavební záměr na stavebním úřadě. Rozhodně bych řekl, že v tomto směru se bude v budoucnu odehrávat velké množství změn, které přispějí velkou měrou k trvale udržitelné výstavbě.

Tato diplomní práce tak může sloužit jako příklad postupu při navrhování staveb se stejnou problematikou. Práce komentuje metody při hodnocení environmentálního profilu konstrukce a dává je do souvislosti s architektonickým návrhem rodinného domu.

Z výsledků environmentálních vyhodnocení, které jsou hlavním bodem diplomové práce, vyplývá, že hodnocená konstrukce z přírodních materiálů má nespornou výhodu oproti jiným konstrukcím. Dřevo, které má schopnost pohlcovat CO₂, bude mít velkou výhodu v budoucnu při výběru materiálů, které se použijí k výstavbě nových objektů. Jedná se o obnovitelný materiál, který má i řadu dalších výhod. Můžeme tedy očekávat, že i na tomto poli dojde k velké osvětě a rozvoji výstavby dřevostaveb, který je u nás v České republice, oproti jiným zemím, poměrně zaostalý.

Seznam obrázků:

Obrázek 1 - Schéma skleníkového efektu [3]	10
Obrázek 2 - Limitní hodnoty jednotlivých indikátorů globálního oteplování [1]	12
Obrázek 3 - Základní principy fungování pasivního domu [8]	16
Obrázek 4 - Stávající fasáda ZŠ v Kamenných Žehrovicích [9]	17
Obrázek 5 - Nová fasáda základní školy po rekonstrukci [9]	17
Obrázek 6 – Mapa s rozbořem území	20
Obrázek 7 - Umístění stavební parcely	21
Obrázek 8 - Úvahy o tvaru rodinného domu	22
Obrázek 9 – Finální korekce tvaru rodinného domu	23
Obrázek 10 - Rozložení stavebních objektů na parcele	24
Obrázek 11 - Hmoty rodinného domu – jižní nadvled	25
Obrázek 12 - Hmoty rodinného domu – jižní nadvled	25
Obrázek 13 - Hmoty rodinného domu – severní nadvled	26
Obrázek 14 - Hmoty rodinného domu – západní nadvled	26
Obrázek 15 - Fasáda rodinného domu – jižní nadvled	27
Obrázek 16 – Fasáda rodinného domu – severní nadvled	28
Obrázek 17 – Fasáda rodinného domu – západní nadvled	28
Obrázek 18 - 1NP (bez měřítka)	29
Obrázek 19 – 2NP (bez měřítka)	30
Obrázek 20 - Ukázka střešní krytiny z dřevěné šindele [12]	31
Obrázek 21 - Exteriérová fasádní omítka [13]	32
Obrázek 22 - Ukázka fasády z dřevěné šindele [14]	32
Obrázek 23 - Jižní pohled	33
Obrázek 24 - Severní pohled	34
Obrázek 25 - Západní pohled	35
Obrázek 26 - Životní cyklus budov [15]	37
Obrázek 27 - Ukázka nejrozšířenějších databází pro environmentální hodnocení	37
Obrázek 28 - Ukázka procesu hodnocení dle SBTToolCZ	39
Obrázek 30 - Environmentální vyhodnocení obvodových stěn	46
Obrázek 29 - Environmentální vyhodnocení podlahových konstrukcí	46

Obrázek 31 - Environmentální vyhodnocení střešních konstrukcí	46
Obrázek 32 - Potřeba tepla na vytápění	48
Obrázek 33 - Environmentální vyhodnocení – zdroj tepla.....	49
Obrázek 34 - Splnění emisních limitů	61
Obrázek 35 - Konstrukční schéma.....	63
Obrázek 36 - Podlahová konstrukce v kontaktu se zeminou	64
Obrázek 37 - Obvodová stěna	65
Obrázek 38 - Podlaha 2 NP	65
Obrázek 39 - Střešní konstrukce.....	66
Obrázek 40 - Koncept TUV a vytápění	67
Obrázek 41 - Koncept výroby elektrické energie	68
Obrázek 42 - Graf roční produkce elektřiny	69
Obrázek 43 - Systémová hranice vytápěné zóny	70
Obrázek 44 - Bilance dodaných energií	71

Seznam tabulek:

Tabulka 1 - Roční limity CO ₂ , ekv.	13
Tabulka 2 - Ukázka výpočtu svázaných emisí GWP	40
Tabulka 3 - Ukázka výpočtu celkových svázaných emisí GWP	40
Tabulka 4 - Emisní a konverzní faktory.....	41
Tabulka 5 - Environmentální vyhodnocení	43
Tabulka 6 - Environmentální vyhodnocení	44
Tabulka 7 - Environmentální vyhodnocení	45
Tabulka 8 - Výběr zdroje tepla	48
Tabulka 9 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 1.....	52
Tabulka 10 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 1.....	53
Tabulka 11 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 1.....	54
Tabulka 12 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 1.....	55
Tabulka 13 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 2.....	56
Tabulka 14 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 2.....	57
Tabulka 15 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 2.....	58
Tabulka 16 - Environmentální vyhodnocení celé konstrukce - var. 2.....	59

Tabulka 17 - Environmentální vyhodnocení fáze provozu	60
Tabulka 18 - Součet environmentálního vyhodnocení	61
Tabulka 19 - Roční produkce elektřiny.....	69

Seznam příloh:

1) Stavební fyzika

Skladby konstrukcí

Protokoly z programu Teplo 2017 EDU

Protokoly z programu Energie 2016 EDU

2) Výkresová dokumentace – přiložena samostatně

Literatura

- [1] The Emissions Gap Report. *Unenvironment* [online]. Nairobi, Kenya, b.r. [cit. 2017-12-19]. Dostupné z: <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2016>
- [2] *Potenciál úspor emisí skleníkových plynů ČR pomocí rekonstrukcí budov* [online]. UCEEB, Buštěhrad: Ing. Antonín Lupíšek Ph.D., 2016 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://www.sanceprobudovy.cz/studie/analyzy/2017/zaverecne-vystupy-projektu-na-pripravu-strategie-adaptace-budov>
- [3] Skleníkový efekt. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-12-19]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org>
- [4] Příčiny změny klimatu. Evropská komise [online]. [cit. 2017-12-19]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/clima/change/causes_cs
- [5] Pařížská dohoda. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha, b.r. [cit. 2017-12-19]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/parizska_dohoda
- [6] Slovník pojmů. *Envimat* [online]. Praha, 2010-2017 [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <http://www.envimat.cz/metodika/pojmy/#potencial-globalniho-oteplovani>
- [7] *Population pyramid* [online]. b.r. [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <https://www.populationpyramid.net/world/2016/>
- [8] Co je pasivní dům?. *Centrum pasivního domu* [online]. Brno, 2006-2017 [cit. 2017-12-21]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [9] Morální hazard evropských dotací. In: *Pravý prostor* [online]. 2017 [cit. 2017-12-21]. Dostupné z: <http://pravyprostor.cz/moralni-hazard-evropskych-dotaci/>
- [10] *Předměřice nad Labem* [online]. Předměřice nad Labem, 2010 [cit. 2017-12-23]. Dostupné z: <http://predmericenl.cz/>

- [11] *Mapbox* [online]. b.r. [cit. 2017-12-23]. Dostupné z:
<https://www.mapbox.com/>
- [12] *Dřevěný šindel* [online]. Velké Karlovice, b.r. [cit. 2017-12-27].
Dostupné z: <http://www.drevenysindel.cz/>
- [13] Fasádní silikonová omítka Caparol CarboPor Reibputz 25 kg
Znitost 15 (1,5 mm). *Stavebniny a ateliér fasád s.r.o.* [online]. 2017 [cit.
2017-12-27]. Dostupné z: <http://www.saaf.cz/fasadni-silikonova-omitka-caparol-carbopor-reibputz-25-kg/>
- [14] FASÁDNÍ ŠINDEL ZÁPADNÍ ČERVENÝ CEDR #2. *ARA* [online].
Konárovice, b.r. [cit. 2017-12-27]. Dostupné z:
<http://www.arakolin.cz/cs/exoticke-drevo/detail/123>
- [15] Envimat – vliv stavebních konstrukcí a materiálů na životní
prostředí. *TZB-info* [online]. Praha, 2001-2017 [cit. 2017-12-27]. Dostupné
z: <http://stavba.tzb-info.cz/hruba-stavba/8519-envimat-vliv-stavebnich-konstrukci-a-materialu-na-zivotni-prostredi>
- [16] CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály*. Praha: Grada
publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2532-1.
- [17] *Baubook* [online]. Vídeň, b.r. [cit. 2017-12-27]. Dostupné z:
<http://www.baubook.info/>
- [18] VONKA, Martin. *SBToolCZ pro bytové domy* [online]. Praha: ČVUT,
2013 [cit. 2017-12-28]. ISBN 978-80-01-05125-2.
- [19] SVOBODA, Z. *Energie 2016 EDU*. Praha: Svoboda software, 2016.
- [20] *Srovnání střešních krytin* [online]. b.r. [cit. 2017-12-30]. Dostupné z:
<http://www.stresni-krytiny-srovnani.cz/>
- [21] *Novatop* [online]. Ptenský Dvůrek, 2015 [cit. 2018-01-01]. Dostupné
z: <https://www.novatop-system.cz/>
- [22] SVOBODA, Z. *Teplo 2017 EDU*. Praha: Svoboda software, 2017.
- [23] *Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps*
[online]. Ispra, 2012 [cit. 2018-01-02]. Dostupné z:
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Přílohová část

Skladby konstrukcí

SO 01 - OBVODOVÁ STĚNA - S1

vrstva	název	d	λ	U	
		[m]	[W/mK]	W/m ² K	
1	CLT panel	0,084	0,130		
2	Nosné sloupky	0,290	0,049		
3	Foukaná celulóзовá izolace	0,290			
4	Dřevovláknitá deska	0,080	0,047		
	Σ	0,454		0,119	
Exteriérová finální úprava					
V případě dřevěného obložení:					
5	Kontralatě (2x25 mm)	0,050	-		
6	Vnější dřevěné obložení	0,010	-		
V případě omítkového systému:					
5	Vnější difuzně otevřená omítka	0,010	-		
Interiérová finální úprava					
V případě místností, které nejsou určeny k trvalému pobytu osob					
0	SDK deska	0,013			
V případě místností s velkou vlhkostí (koupelny):					
-2	Lepící tmel => Keramický obklad	0,012			
-1	SDK deska (do vlhka)	0,013	-		
0	Parozábrana	-	-		


SO 01 - PODLAHOVÉ KONSTRUKCE V KONTAKTU SE ZEMINOU - P1

vrstva	název	d	λ	U
		[m]	[W/mK]	W/m ² K
1	Laminátová dřevěná podlaha	0,010	-	
2	Mirelon	-	-	
3	OSB desky 2x	0,026	-	
4	Dřevovláknitá kročejová izolace	0,040	-	
5	Šedý polystyren EPS	0,130	0,031	
6	Hydroizolace	0,004	-	
7	Železobetonová deska	0,150	1,430	
8	Drenážní štěrková vrstva	0,060	-	
	Σ	0,420		0,201
V případě keramické dlažby (skladba od OSB deseky):				
1	Pružný lepící tmel => dlažba	0,012	-	
2	Penetrace => spojovací můstek => hydroizolační stěrka	-	-	

Poznámka: Při použití skladby s keramickou dlažbou je nutné použít certifikované OSB desky do vlhka.

SO 01 - STŘEŠNÍ KONSTRUKCE - SK1

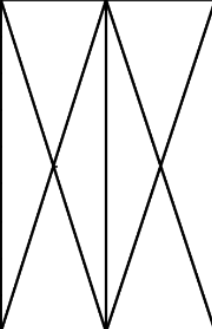


vrstva	název	d	λ	U
		[m]	[W/mK]	W/m ² K

1	CLT panel	0,027	-	
2	KVH profil	0,280	0,049	
3	Foukaná celulózová izolace	0,280		
4	Dřevovláknitá deska 2x	0,170	0,047	
5	Kontralatě/vzduchová mezera	0,060	-	
6	Střešní latě	0,030	-	
7	Dřevěná šindel	0,012	-	
	Σ	0,579		0,103

Poznámka ke skladbě SK1: V jednotlivých místnostech bude dle PD proveden podhled ze sádrokartonu.

SO 01 - SKLADBA PODLAHY MEZI 1NP/2NP - P2

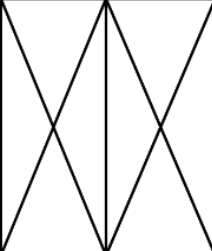

vrstva	název	d	Ln	Rw
		[m]	[dB]	[dB]

1	Laminátová dřevěná podlaha	0,010		
2	Mirelon	-		
3	OSB desky 2x	0,030		
4	Dřevovláknitá kročejová izolace	0,040		
5	Geotextilie	-		
6	Suchý násyp	0,050		
7	CLT panel	0,027		
8	Nosník (vzduchová mezera/suchý vsyp)	0,146		
9	CLT panel	0,027		
	Σ	0,330	57	62
V případě keramické dlažby (skladba od OSB deseky):				
1	Pružný lepicí => dlažba	0,012	-	
2	Penetrace => spojovací můstek => hydroizolační stěrka	-	-	

Poznámka: Při použití skladby s keramickou dlažbou je nutné použít certifikované OSB desky do vlhka. V jednotlivých místnostech bude dle PD proveden podhled ze sádrokartonu.

SO 01 - VNITŘNÍ NENOSNÉ KONSTRUKCE - S2

vrstva	název	d	Ln	Rw
		[m]	[dB]	[dB]

1	(Přírodní hliněná barva)	-		
2	Hliněná omítka (s použitím rákosové rohože)	0,025		
3	OSB deska	0,012		
4	Měkká dřevovláknitá deska /sloupek 60 x 100	0,100		
5	OSB deska	0,012		
6	Hliněná omítka (s použitím rákosové rohože)	0,025		
7	(Přírodní hliněná barva)	-		

		Σ 0,174	-	~ 46
V případě místností, které nejsou určeny k trvalému pobytu osob				
2	SDK deska	0,013	-	
V případě místností s velkou vlhkostí (koupelny):				
0	Lepící tmel => Keramický obklad	0,012		
1	SDK deska	0,013	-	
2	Parozábrana	-	-	

SO 02 - OBVODOVÁ STĚNA - S3

vrstva	název	d	λ	U
		[m]	[W/mK]	W/m ² K

1	CLT panel	0,084	0,130	
2	Nosné sloupky	0,100	0,049	
3	Foukaná celulózová izolace	0,100		
4	Dřevovláknitá deska	0,040	0,047	
		Σ 0,224		0,270
V případě dřevěného obložení:				
5	Kontralatě (2x25 mm)	0,050	-	
6	Vnější dřevěné obložení	0,010	-	
V případě omítkového systému:				
5	Vnější difuzně otevřené omítka	0,010	-	

SO 02 - STŘEŠNÍ KONSTRUKCE - SK2

vrstva	název	d	λ	U
		[m]	[W/mK]	W/m ² K

1	CLT panel	0,027	0,130	
2	Nosník	0,146	-	
3	CLT panel	0,027	0,130	
4	Parozábrana (živičná)	-	-	
5	Spádová vrstva EPS	-	-	
6	Šedý polystyren EPS	0,100	0,031	
7	Hydroizolace (živičná)	0,004	-	
8	Geotextilie	-	-	
9	Kačírkové kamenivo	0,050	-	
	Σ	0,354		0,229

SO 02 - PODLAHOVÉ KONSTRUKCE V KONTAKTU SE ZEMINOU - P3

vrstva	název	d	λ	U
		[m]	[W/mK]	W/m ² K

1	Litá epoxidovaná stěrka	-	-	
2	Betonová mazanina	0,100	-	
3	Hydroizolace	0,004	-	
4	Železobetonová deska	0,150	-	
5	Drenážní štěrková vrstva	0,060	-	
	Σ	0,314		-

Protokoly z programu Teplo 2017 EDU

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **SO01 - Podlahová konstrukce v kontaktu se zeminou**
Zpracovatel : Jan Malát
Zakázka : Klimaticky neutrální rodinný dům
Datum : 19.11.2017

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Podlaha - výpočet poklesu dotykové teploty
Korekce součinitele prostupu dU : 0.020 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	Laminátová dře	0,0100	0,0750	1630,0	200,0	12,5	0.0000
2	Mirelon	0,0020	0,0450	1270,0	20,5	50,0	0.0000
3	OSB desky 2x	0,0260	0,1300	1700,0	650,0	50,0	0.0000
4	Dřevovláknitá	0,0400	0,0520	2100,0	250,0	5,0	0.0000
5	Šedý polystyre	0,1300	0,0310	1270,0	20,5	50,0	0.0000
6	Hydroizolace	0,0035	0,2100	1470,0	1200,0	35012,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	Laminátová dřevěná podlaha	---
2	Mirelon	---
3	OSB desky 2x	---
4	Dřevovláknitá kročejová izolace	---
5	Šedý polystyren EPS	---
6	Hydroizolace	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.17 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.00 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : 0.0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 100.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 55.0 %

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 4.807 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.201 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_k : 0.22 / 0.25 / 0.30 / 0.40 W/m²K
Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 7.0E+0011 m/s

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 19.01 °C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: 0.951

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si}=0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Pokles dotykové teploty podlahy podle ČSN 730540:

Tepelná jímavost podlahové konstrukce B : 210.92 $\text{Ws/m}^2\text{K}$

Pokles dotykové teploty podlahy ΔT : 2.16 °C

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **SO01 - Obvodová konstrukce**

Zpracovatel : Jan Malát

Zakázka : Klimaticky neutrální rodinný dům

Datum : 19.11.2017

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednoplášťová

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 $\text{W/m}^2\text{K}$

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	CLT panel	0,0840	0,1300	2510,0	400,0	200,0	0.0000
2	Foukaná celuló	0,2900	0,0490*	2032,6	72,4	1,5	0.0000
3	Dřevovláknitá	0,0800	0,0470	1630,0	200,0	12,5	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

* ekvival. tep. vodivost s vlivem tepelných mostů, stanovena interním výpočtem

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	CLT panel	---
2	Foukaná celulózová izolace	vliv systematických tep. mostů dle EN ISO 6946 Tep. vodivost zákl. materiálu: 0.040 W/(m.K) Tep. vodivost tep. mostů: 0.180 W/(m.K) Šířka tepelných mostů: 0.0400 m Tloušťka tepelných mostů: 0.3300 m Os. vzdálenost tep. mostů: 0.6250 m
3	Dřevovláknitá deska	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R_{si} : 0.13 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{si} : 0.25 m²K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R_{se} : 0.04 m²K/W
dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty R_{se} : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota T_e : -13.0 °C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T_{ai} : 20.0 °C
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R_{He} : 84.0 %
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu R_{Hi} : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]		T_{ai} [°C]	R_{Hi} [%]	P_i [Pa]	T_e [°C]	R_{He} [%]	P_e [Pa]
1	31	744	20.6	44.0	1067.1	-2.4	81.2	406.1
2	28	672	20.6	46.1	1118.0	-0.9	80.8	457.9
3	31	744	20.6	49.4	1198.0	3.0	79.5	602.1
4	30	720	20.6	53.9	1307.2	7.7	77.5	814.1
5	31	744	20.6	60.8	1474.5	12.7	74.5	1093.5
6	30	720	20.6	66.5	1612.7	15.9	72.0	1300.1
7	31	744	20.6	69.4	1683.1	17.5	70.4	1407.2
8	31	744	20.6	68.5	1661.2	17.0	70.9	1373.1
9	30	720	20.6	61.8	1498.8	13.3	74.1	1131.2
10	31	744	20.6	54.5	1321.7	8.3	77.1	843.7
11	30	720	20.6	49.3	1195.6	2.9	79.5	597.9
12	31	744	20.6	46.6	1130.1	-0.6	80.7	468.9

Poznámka: T_{ai} , R_{Hi} a P_i jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a T_e , R_{He} a P_e jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 8.267 m²K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.119 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.14 / 0.17 / 0.22 / 0.32 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 9.7E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce N_{y^*} podle EN ISO 13786 : 1093.0

Fázový posun teplotního kmitu Ψ_{si^*} podle EN ISO 13786 : 19.7 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách $T_{si,p}$: 19.04 °C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách $f_{Rsi,p}$: 0.971

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně $R_{si}=0,25$ m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----				
	$T_{si,m}[°C]$	$f_{Rsi,m}$	$T_{si,m}[°C]$	$f_{Rsi,m}$	$T_{si}[°C]$	f_{Rsi}	$R_{Hsi}[%]$
1	11.2	0.593	7.9	0.449	19.9	0.971	45.9
2	12.0	0.598	8.6	0.443	20.0	0.971	47.9
3	13.0	0.569	9.6	0.377	20.1	0.971	51.0

4	14.3	0.515	10.9	0.251	20.2	0.971	55.2
5	16.2	0.446	12.8	0.009	20.4	0.971	61.7
6	17.6	0.369	14.1	-----	20.5	0.971	67.1
7	18.3	0.262	14.8	-----	20.5	0.971	69.8
8	18.1	0.307	14.6	-----	20.5	0.971	68.9
9	16.5	0.435	13.0	-----	20.4	0.971	62.6
10	14.5	0.505	11.1	0.229	20.2	0.971	55.7
11	13.0	0.569	9.6	0.379	20.1	0.971	50.9
12	12.1	0.600	8.8	0.442	20.0	0.971	48.4

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	e
theta [C]:	19.5	17.0	-6.2	-12.8
p [Pa]:	1285	254	228	166
p,sat [Pa]:	2264	1932	362	201

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry Gd : 1.227E-0008 kg/(m2.s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	CLT panel	212	153	---	---	---
2	Foukaná celuló	---	365	---	---	---
3	Dřevovláknitá	---	---	275	90	---

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřipustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **SO01 - Střešní konstrukce**
 Zpracovatel : Jan Malát
 Zakázka : Klimaticky neutrální rodinný dům
 Datum : 19.11.2017

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha dvouplášťová nebo strop pod půdou
 Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	CLT panel	0,0270	0,1300	2510,0	400,0	200,0	0.0000
2	Foukaná celuló	0,2800	0,0490	2032,6	72,4	1,5	0.0000
3	2x dřevovlákní	0,1700	0,0470	1630,0	200,0	12,5	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	CLT panel	---
2	Foukaná celulózová izolace	---
3	2x dřevovláknitá deska	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.10 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.10 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.0 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31 744	20.6	44.0	1067.1	-2.4	81.2	406.1
2	28 672	20.6	46.1	1118.0	-0.9	80.8	457.9
3	31 744	20.6	49.4	1198.0	3.0	79.5	602.1
4	30 720	20.6	53.9	1307.2	7.7	77.5	814.1
5	31 744	20.6	60.8	1474.5	12.7	74.5	1093.5
6	30 720	20.6	66.5	1612.7	15.9	72.0	1300.1
7	31 744	20.6	69.4	1683.1	17.5	70.4	1407.2
8	31 744	20.6	68.5	1661.2	17.0	70.9	1373.1
9	30 720	20.6	61.8	1498.8	13.3	74.1	1131.2
10	31 744	20.6	54.5	1321.7	8.3	77.1	843.7
11	30 720	20.6	49.3	1195.6	2.9	79.5	597.9
12	31 744	20.6	46.6	1130.1	-0.6	80.7	468.9

Poznámka: Tai, RHi a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Teplný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R : 9.539 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : **0.103 W/m²K**

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.12 / 0.15 / 0.20 / 0.30 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přirážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce ZpT : 4.2E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 2193.1

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 20.6 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 19.17 °C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : **0.975**

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----				
	T _{si} [°C]	f _{Rsi}	T _{si} [°C]	f _{Rsi}	T _{si} [°C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
1	11.2	0.593	7.9	0.449	20.0	0.975	45.6
2	12.0	0.598	8.6	0.443	20.1	0.975	47.7
3	13.0	0.569	9.6	0.377	20.2	0.975	50.8
4	14.3	0.515	10.9	0.251	20.3	0.975	55.0
5	16.2	0.446	12.8	0.009	20.4	0.975	61.6
6	17.6	0.369	14.1	-----	20.5	0.975	67.0
7	18.3	0.262	14.8	-----	20.5	0.975	69.7
8	18.1	0.307	14.6	-----	20.5	0.975	68.9
9	16.5	0.435	13.0	-----	20.4	0.975	62.5
10	14.5	0.505	11.1	0.229	20.3	0.975	55.6
11	13.0	0.569	9.6	0.379	20.2	0.975	50.7
12	12.1	0.600	8.8	0.442	20.1	0.975	48.2

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	e
theta [°C]:	19.7	19.0	-0.4	-12.7
p [Pa]:	1285	525	466	166
p _{sat} [Pa]:	2288	2190	590	204

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p_{sat} je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 2.817E-0008 kg/(m².s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok

Číslo	Název	pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	CLT panel	212	153	---	---	---
2	Foukaná celuló	---	365	---	---	---
3	2x dřevotřísková	---	---	365	---	---

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřijatelné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **SO02 - Obvodová konstrukce**

Zpracovatel : Jan Malát

Zakázka : Klimaticky neutrální rodinný dům

Datum : 19.11.2017

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Stěna vnější jednovrstevná

Korekce součinitele prostupu dU : 0.000 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	CLT panel	0,0840	0,1300	2510,0	400,0	200,0	0.0000
2	Foukaná celuló	0,1000	0,0490	2032,6	72,4	1,5	0.0000
3	Dřevotřísková	0,0400	0,0470	1630,0	200,0	12,5	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	CLT panel	---
2	Foukaná celulózní izolace	---
3	Dřevotřísková deska	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.13 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]		Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31	744	20.6	32.9	797.9	-2.4	81.2	406.1
2	28	672	20.6	35.0	848.8	-0.9	80.8	457.9
3	31	744	20.6	39.9	967.6	3.0	79.5	602.1
4	30	720	20.6	47.0	1139.8	7.7	77.5	814.1
5	31	744	20.6	56.8	1377.5	12.7	74.5	1093.5
6	30	720	20.6	64.2	1557.0	15.9	72.0	1300.1
7	31	744	20.6	68.0	1649.1	17.5	70.4	1407.2
8	31	744	20.6	66.8	1620.0	17.0	70.9	1373.1
9	30	720	20.6	58.1	1409.0	13.3	74.1	1131.2
10	31	744	20.6	48.0	1164.1	8.3	77.1	843.7
11	30	720	20.6	39.8	965.2	2.9	79.5	597.9
12	31	744	20.6	35.5	860.9	-0.6	80.7	468.9

Poznámka: Tai, RHi a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 3.538 m²K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.270 W/m²K

Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.29 / 0.32 / 0.37 / 0.47 W/m²K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 9.3E+0010 m/s

Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 83.5

Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 9.6 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 18.41 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : 0.935

Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
	T _{si} ,m[C]	f _{Rsi} ,m	T _{si} ,m[C]	f _{Rsi} ,m			
1	6.9	0.406	3.7	0.267	19.1	0.935	36.1
2	7.8	0.407	4.6	0.257	19.2	0.935	38.2
3	9.8	0.385	6.5	0.199	19.5	0.935	42.8
4	12.2	0.352	8.9	0.093	19.8	0.935	49.5
5	15.2	0.311	11.7	-----	20.1	0.935	58.6
6	17.1	0.251	13.6	-----	20.3	0.935	65.4
7	18.0	0.158	14.5	-----	20.4	0.935	68.9
8	17.7	0.196	14.2	-----	20.4	0.935	67.8
9	15.5	0.303	12.1	-----	20.1	0.935	59.8
10	12.6	0.347	9.2	0.074	19.8	0.935	50.4
11	9.7	0.387	6.5	0.201	19.4	0.935	42.8
12	8.1	0.408	4.8	0.256	19.2	0.935	38.7

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540:
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	e
theta [C]:	19.4	13.6	-4.9	-12.6
p [Pa]:	1334	210	200	166
p,sat [Pa]:	2255	1553	404	205

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p,sat je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G_d : 1.338E-0008 kg/(m².s)

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci vodní páry.

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	CLT panel	273	92	---	---	---
2	Foukaná celuló	90	275	---	---	---
3	Dřevovláknitá	---	---	365	---	---

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřipustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

KOMPLEXNÍ POSOUZENÍ SKLADBY STAVEBNÍ KONSTRUKCE Z HLEDISKA ŠÍŘENÍ TEPLA A VODNÍ PÁRY

podle EN ISO 13788, EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

Teplo 2017 EDU

Název úlohy : **SO02 - Střešní konstrukce**
Zpracovatel : Jan Malát
Zakázka : Klimaticky neutrální rodinný dům
Datum : 19.11.2017

ZADANÁ SKLADBA A OKRAJOVÉ PODMÍNKY :

Typ hodnocené konstrukce : Střecha jednoplášťová
Korekce součinitele prostupu dU : 0.020 W/m²K

Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D [m]	Lambda [W/(m.K)]	c [J/(kg.K)]	Ro [kg/m ³]	Mi [-]	Ma [kg/m ²]
1	CLT panel	0,0270	0,1300	2510,0	400,0	200,0	0.0000
2	Uzavřená vzduc	0,1460	0,1470	1010,0	1,2	0,4	0.0000
3	CLT panel	0,0270	0,1300	2510,0	400,0	200,0	0.0000
4	Parozábrana	0,0002	0,3000	1470,0	900,0	500000,0	0.0000
5	Šedý polystyre	0,1000	0,0310	1270,0	20,5	50,0	0.0000
6	Hydroizolace	0,0035	0,2100	1470,0	1200,0	35012,0	0.0000

Poznámka: D je tloušťka vrstvy, Lambda je návrhová hodnota tepelné vodivosti vrstvy, C je měrná tepelná kapacita vrstvy, Ro je objemová hmotnost vrstvy, Mi je faktor difúzního odporu vrstvy a Ma je počáteční zabudovaná vlhkost ve vrstvě.

Číslo	Kompletní název vrstvy	Interní výpočet tep. vodivosti
1	CLT panel	---
2	Uzavřená vzduch. dutina tl. 25 mm	---
3	CLT panel	---
4	Parozábrana	---
5	Šedý polystyren EPS	---
6	Hydroizolace	---

Okrajové podmínky výpočtu :

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi : 0.10 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rsi : 0.25 m²K/W
 Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse : 0.04 m²K/W
 dtto pro výpočet vnitřní povrchové teploty Rse : 0.04 m²K/W

Návrhová venkovní teplota Te : -13.0 C
 Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai : 20.6 C
 Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe : 84.0 %
 Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH_i : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny/hodiny]	Tai [C]	RHi [%]	Pi [Pa]	Te [C]	RHe [%]	Pe [Pa]
1	31 744	20.6	32.9	797.9	-4.4	81.2	342.9
2	28 672	20.6	35.0	848.8	-2.9	80.8	387.4
3	31 744	20.6	39.9	967.6	1.0	79.5	521.8
4	30 720	20.6	47.0	1139.8	5.7	77.5	709.4
5	31 744	20.6	56.8	1377.5	10.7	74.5	958.1
6	30 720	20.6	64.2	1557.0	13.9	72.0	1142.9
7	31 744	20.6	68.0	1649.1	15.5	70.4	1239.1
8	31 744	20.6	66.8	1620.0	15.0	70.9	1208.4
9	30 720	20.6	58.1	1409.0	11.3	74.1	991.8
10	31 744	20.6	48.0	1164.1	6.3	77.1	735.7
11	30 720	20.6	39.8	965.2	0.9	79.5	518.1
12	31 744	20.6	35.5	860.9	-2.6	80.7	396.8

Poznámka: Tai, RH_i a Pi jsou prům. měsíční parametry vnitřního vzduchu (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry) a Te, RHe a Pe jsou prům. měsíční parametry v prostředí na vnější straně konstrukce (teplota, relativní vlhkost a částečný tlak vodní páry).

Průměrná měsíční venkovní teplota Te byla v souladu s EN ISO 13788 snížena o 2 C (orientační zohlednění výměny tepla sáláním mezi střechou a oblohou).

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti : 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem podle EN ISO 13788.

Počet hodnocených let : 1

VÝSLEDKY VÝPOČTU HODNOCENÉ KONSTRUKCE :

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla podle EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R : 4.233 m²K/W
 Součinitel prostupu tepla konstrukce U : 0.229 W/m²K
 Součinitel prostupu zabudované kce U_{kc} : 0.25 / 0.28 / 0.33 / 0.43 W/m²K
 Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tep. mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou podle poznámek k čl. B.9.2 v ČSN 730540-4.

Difúzní odpor a tepelně akumulční vlastnosti:

Difúzní odpor konstrukce Z_{pT} : 1.3E+0012 m/s
 Teplotní útlum konstrukce Ny* podle EN ISO 13786 : 113.0
 Fázový posun teplotního kmitu Psi* podle EN ISO 13786 : 6.3 h

Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor podle ČSN 730540 a EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T_{si,p} : 18.74 C
 Teplotní faktor v návrhových podmínkách f_{Rsi,p} : 0.945
 Obě hodnoty platí pro odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si}=0,25 m²K/W.

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		T _{si} [C]	f _{Rsi}	RH _{si} [%]
	T _{si,m} [C]	f _{Rsi,m}	T _{si,m} [C]	f _{Rsi,m}			
1	6.9	0.454	3.7	0.325	19.2	0.945	35.8
2	7.8	0.457	4.6	0.320	19.3	0.945	37.9
3	9.8	0.448	6.5	0.281	19.5	0.945	42.7
4	12.2	0.439	8.9	0.215	19.8	0.945	49.5
5	15.2	0.450	11.7	0.105	20.1	0.945	58.8
6	17.1	0.474	13.6	-----	20.2	0.945	65.7
7	18.0	0.488	14.5	-----	20.3	0.945	69.2
8	17.7	0.483	14.2	-----	20.3	0.945	68.1
9	15.5	0.453	12.1	0.084	20.1	0.945	60.0
10	12.6	0.438	9.2	0.204	19.8	0.945	50.4
11	9.7	0.449	6.5	0.283	19.5	0.945	42.6
12	8.1	0.459	4.8	0.320	19.3	0.945	38.4

Poznámka: RH_{si} je relativní vlhkost na vnitřním povrchu, T_{si} je vnitřní povrchová teplota a f_{Rsi} je teplotní faktor.

Difúze vodní páry v návrh. podmínkách a bilance vodní páry podle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a částečných tlaků vodní páry v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	e
theta [C]:	19.9	18.4	11.5	10.0	10.0	-12.6	-12.7
p [Pa]:	1334	1307	1307	1281	791	766	166
p _{sat} [Pa]:	2322	2121	1354	1229	1229	205	203

Poznámka: theta je teplota na rozhraní vrstev, p je předpokládaný částečný tlak vodní páry na rozhraní vrstev a p_{sat} je částečný tlak nasycené vodní páry na rozhraní vrstev.

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny levá [m] pravá	Kondenzující množství vodní páry [kg/(m ² s)]
1	0.3002 0.3002	1.885E-0009

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry:

Množství zkondenzované vodní páry za rok M_{c,a}: 0.0141 kg/(m².rok)
 Množství vypařitelné vodní páry za rok M_{ev,a}: 0.0232 kg/(m².rok)
 Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než 10.0 C.

Bilance zkondenzované a vypařené vodní páry podle EN ISO 13788:

Roční cyklus č. 1

V konstrukci dochází během modelového roku ke kondenzaci.

Kondenzační zóna č. 1

Hranice kond.zóny	Dif.tok do/ze zóny	Kondenz./vypař.	Akumul. vlhkost
-------------------	--------------------	-----------------	-----------------

Měsíc	v m od interiéru		v kg/m ² za měsíc		v kg/m ² za měsíc	v kg/m ² za měsíc
	levá	pravá	g,in	g,out	Mc/Mev	Ma
11	0.3002	0.3002	0.0014	0.0006	0.0007	0.0007
12	0.3002	0.3002	0.0017	0.0005	0.0012	0.0019
1	0.3002	0.3002	0.0016	0.0004	0.0013	0.0032
2	0.3002	0.3002	0.0015	0.0004	0.0011	0.0043
3	0.3002	0.3002	0.0014	0.0006	0.0008	0.0051
4	0.3002	0.3002	0.0010	0.0009	0.0000	0.0051
5	0.3002	0.3002	0.0004	0.0015	-0.0011	0.0040
6	0.3002	0.3002	-0.0002	0.0019	-0.0021	0.0019
7	---	---	-0.0005	0.0023	-0.0029	0.0000
8	---	---	---	---	---	---
9	---	---	---	---	---	---
10	---	---	---	---	---	---
Max. množství zkondenzované vodní páry za rok Mc,a:					0.0051 kg/m²	
Množství vypařitelné vodní páry za rok Mev,a je min.:					0.0051 kg/m²	
z toho se odpaří do exteriéru:					0.0045 kg/m ²	
..... a do interiéru:					0.0006 kg/m ²	

Na konci modelového roku je zóna suchá (tj. Mc,a < Mev,a).

Poznámka: Hodnocení difúze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

Rozmezí relativních vlhkostí v jednotlivých materiálech (pro poslední roční cyklus):

Číslo	Název	Trvání příslušné relativní vlhkosti v materiálu ve dnech za rok				
		pod 60%	60-70%	70-80%	80-90%	nad 90%
1	CLT panel	273	92	---	---	---
2	Uzavřená vzduc	151	122	92	---	---
3	CLT panel	151	122	92	---	---
4	Parozábrana	151	122	92	---	---
5	Šedý polystyre	---	---	---	92	273
6	Hydroizolace	---	---	---	92	273

Poznámka: S pomocí této tabulky lze zjednodušeně odhadnout, jaké je riziko dosažení nepřipustné hmotnostní vlhkosti materiálu či riziko jeho koroze.

Konkrétně pro dřevo předepisuje ČSN 730540-2/Z1 maximální přípustnou hmotnostní vlhkost 18 %. Ze sorpční křivky pro daný typ dřeva lze odvodit, při jaké relativní vlhkosti vzduchu dosahuje dřevo této kritické hmotnostní vlhkosti. Obvykle jde o cca 80 %.

Pokud je v tabulce výše pro dřevo uveden dlouhodobější výskyt relativní vlhkosti nad 80 %, lze předpokládat, že požadavek ČSN 730540-2 na maximální hmotnostní vlhkost dřeva nebude splněn.

Teplo 2017 EDU, (c) 2017 Svoboda Software

Protokoly z programu Energie 2016 EDU

VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV A PRŮMĚRNÉHO SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. a ČSN 730540-2

a podle EN ISO 13790, EN ISO 13789 a EN ISO 13370

Energie 2016 EDU

Název úlohy: **SO01**
Zpracovatel: Bc. Jan Malát
Zakázka:
Datum: 1.11.2017

ZADANÉ OKRAJOVÉ PODMÍNKY:

Počet zón v budově: 1
Typ výpočtu potřeby energie: měsíční (pro jednotlivé měsíce v roce)

Okrajové podmínky výpočtu:

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m2]				
			Sever	Jih	Východ	Západ	Horizont
leden	31	-1,3 C	29,5	123,1	50,8	50,8	74,9
únor	28	-0,1 C	48,2	184,0	91,8	91,8	133,2
březen	31	3,7 C	91,1	267,8	168,8	168,8	259,9
duben	30	8,1 C	129,6	308,5	267,1	267,1	409,7
květen	31	13,3 C	176,8	313,2	313,2	313,2	535,7
červen	30	16,1 C	186,5	272,2	324,0	324,0	526,3
červenec	31	18,0 C	184,7	281,2	302,8	302,8	519,5
srpen	31	17,9 C	152,6	345,6	289,4	289,4	490,3
září	30	13,5 C	103,7	280,1	191,9	191,9	313,6
říjen	31	8,3 C	67,0	267,8	139,3	139,3	203,4
listopad	30	3,2 C	33,8	163,4	64,8	64,8	90,7
prosinec	31	0,5 C	21,6	104,4	40,3	40,3	53,6

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m2]			
			SV	SZ	JV	JZ
leden	31	-1,3 C	29,5	29,5	96,5	96,5
únor	28	-0,1 C	53,3	53,3	147,6	147,6
březen	31	3,7 C	107,3	107,3	232,9	232,9
duben	30	8,1 C	181,4	181,4	311,0	311,0
květen	31	13,3 C	235,8	235,8	332,3	332,3
červen	30	16,1 C	254,2	254,2	316,1	316,1
červenec	31	18,0 C	238,3	238,3	308,2	308,2
srpen	31	17,9 C	203,4	203,4	340,2	340,2
září	30	13,5 C	127,1	127,1	248,8	248,8
říjen	31	8,3 C	77,8	77,8	217,1	217,1
listopad	30	3,2 C	33,8	33,8	121,7	121,7
prosinec	31	0,5 C	21,6	21,6	83,2	83,2

PARAMETRY JEDNOTLIVÝCH ZÓN V BUDOVĚ :

PARAMETRY ZÓNY Č. 1 :

Základní popis zóny

Název zóny:	Pobytové místnosti
Typ zóny pro určení U _{em} ,N:	nová obytná budova
Typ zóny pro refer. budovu:	rodinný dům
Typ hodnocení:	nová budova
Obsazenost zóny:	40,0 m2/osobu
Uvažovaný počet osob v zóně:	3,6 (použije se pro stanovení roční potřeby teplé vody)

Objem z vnějších rozměrů:	555,75 m3
Podlah. plocha (celková vnitřní):	144,09 m2
Celk. energet. vztažná plocha:	187,2 m2
Účinná vnitřní tepelná kapacita:	110,0 kJ/(m2.K)
Vnitřní teplota (zima/léto):	20,0 C / 20,0 C
Zóna je vytápěna/chlazená:	ano / ne
Typ vytápění:	nepřerušované
Regulace otopné soustavy:	ano
Průměrné vnitřní zisky:	449 W
..... odvozeny pro	<ul style="list-style-type: none"> · produkci tepla: 2,0+3,0 W/m2 (osoby+spotřebiče) · časový podíl produkce: 70+20 % (osoby+spotřebiče) · zohlednění spotřebičů: jen zisky · požadovanou osvětlenost: 100,0 lx · měrný příkon osvětlení: 0,05 W/(m2.lx) · činitel obsazenosti 1,0 a závislosti na denním světle 1,0 · roční dobu využití osvětlení ve dne/v noci: 1600 / 1200 h · prům. účinnost osvětlení: 30 % · trvalá přídavná tepelná ztráta: 0,0 W
Potřeba tepla na přípravu TV:	8650,72 MJ/rok
..... odvozeno pro	<ul style="list-style-type: none"> · denní potřebu teplé vody: 35,0 l/(osobu.den) · roční potřebu teplé vody: 46,0 m3 · teplotní rozdíl pro ohřev: (55,0 - 10,0) C
Zpětně získané teplo mimo VZT:	0,0 MJ/rok

Zdroje tepla na vytápění v zóně

Teplovzdušné vytápění:	ne
<u>Zdroj tepla č. 1 a na něj napojená otopná soustava:</u>	
Název zdroje tepla:	(podíl 100,0 %)
Typ zdroje tepla:	tepelné čerpadlo
Parametr COP:	3,3
Účinnost sdílení/distribuce:	88,0 % / 87,0 %
Objem akumulační nádrže:	300,0 l
Měrná ztráta nádrže:	5,6 Wh/(l.d)
Příkon čerpadel vytápění:	19,6 W (prům. roční příkon)
Příkon regulace/emise tepla:	5,0 / 10,0 W

Ventilátory systémů nuceného větrání, vytápění a chlazení vzduchem

Prům. měrný příkon VZT jednotky:	1000,0 Ws/m3 (platí pro 2 ventilátory: přívodní a odvodní)
Váhový činitel regulace:	1,0

Zdroje tepla na přípravu TV v zóně

Název zdroje tepla:	(podíl 100,0 %)
Typ zdroje přípravy TV:	tepelné čerpadlo
Topný faktor pro přípravu TV:	3,3
Účinnost zpětného získávání tepla:	0,0 %
Objem zásobníku TV:	150,0 l
Měrná tep. ztráta zásobníku TV:	7,9 Wh/(l.d)
Délka rozvodů TV:	36,0 m
Měrná tep. ztráta rozvodů TV:	44,7 Wh/(m.d)
Příkon čerpadel distribuce TV:	0,0 W
Příkon regulace:	0,0 W

Solární systémy v zóně

Typ prvku	Plocha [m2]	Typ	Účinnost [%]	Orientace/sklon	Činitel stínění
FV panel	1,5	---	13,5	Jih / 35,0°	1,0
FV panel	1,5	---	13,5	Jih / 35,0°	1,0
FV panel	1,5	---	13,5	Jih / 35,0°	1,0
FV panel	1,5	---	13,5	Jih / 35,0°	1,0
FV panel	1,5	---	13,5	Jih / 35,0°	1,0
FV panel	1,5	---	13,5	Jih / 35,0°	1,0
FV panel	1,5	---	13,5	Jih / 35,0°	1,0
FV panel	1,5	---	13,5	Jih / 35,0°	1,0

FV panel	3,0	---	13,5	Jih / 35,0°	1,0
FV panel	3,0	---	13,5	Jih / 35,0°	1,0

Typ výpočtu produkce elektřiny FV panely: s využitím prům. účinnosti FV panelů

Měrný tepelný tok větráním zóny č. 1 :

Objem vzduchu v zóně:	416,813 m3
Podíl vzduchu z objemu zóny:	75,0 %
Typ větrání zóny:	nucené (mechanický větrací systém)
Objem.tok přiváděného vzduchu:	208,4 m3/h
Objem.tok odváděného vzduchu:	208,4 m3/h
Násobnost výměny při dP=50Pa:	0,4 1/h
Součinitel větrné expozice e:	0,01
Součinitel větrné expozice f:	15,0
Účinnost zpětného získávání tepla:	80,0 %
Podíl času s nuceným větráním:	100,0 %
<u>Měrný tepelný tok větráním Hv:</u>	<u>14,305 W/K</u>

Měrný tepelný tok prostupem mezi zónou č. 1 a exteriérem :

Název konstrukce [W/m2K]	Plocha [m2]	U [W/m2K]	b [-]	H,T [W/K]	U,N,20
Fasáda jih	18,13	0,120	1,00	2,176	0,300
Fasáda západ	56,5	0,120	1,00	6,780	0,300
Fasáda sever	42,05	0,120	1,00	5,046	0,300
Fasáda východ	50,41	0,120	1,00	6,049	0,300
Střecha	106,9	0,100	1,00	10,690	0,240
Dveře východ	1,77	0,700	1,00	1,239	1,700
Vikýř jih	0,57	0,120	1,00	0,068	0,300
Vikýř sever	0,57	0,120	1,00	0,068	0,300
Vikýř střecha	4,83	0,100	1,00	0,483	0,240
Prosklená stěna horní	14,4 (6,0x2,4 x 1)	0,700	1,00	10,080	1,500
Prosklená stěna dolní	14,5 (5,0x2,9 x 1)	0,700	1,00	10,150	1,500
Okna západ	6,23 (6,23x1,0 x 1)	0,700	1,00	4,361	1,500
Okna sever	4,55 (4,55x1,0 x 1)	0,700	1,00	3,185	1,500
Okna východ	1,43 (1,43x1,0 x 1)	0,700	1,00	1,001	1,500
Prosklené dveře východ	3,86 (3,86x1,0 x 1)	0,700	1,00	2,702	1,500
Střešní okna východ	4,5 (4,5x1,0 x 1)	0,700	1,00	3,150	1,500

Vysvětlivky: U je součinitel prostupu tepla konstrukce; b je činitel teplotní redukce; H,T je měrný tok prostupem tepla a U,N,20 je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla podle ČSN 730540-2 pro T_{int}=20 C.

Vliv tepelných vazeb je ve výpočtu zahrnut přibližně součinem (A * DeltaU, tbm).

Průměrný vliv tepelných vazeb DeltaU, tbm: 0,02 W/m2K

Měrný tok prostupem do exteriéru plošnými konstrukcemi Hd,c: 67,229 W/K

..... a příslušnými tepelnými vazbami Hd, tb: 6,624 W/K

Měrný tepelný tok prostupem zeminou u zóny č. 1 :

1. konstrukce ve styku se zeminou

Název konstrukce:	Podlaha
Plocha kce ve styku se zeminou či sklepem:	93,6 m2
Součinitel prostupu tepla této konstrukce:	0,2 W/m2K
Činitel teplotní redukce:	0,72
Požadovaná hodnota souč. prostupu U,N,20:	0,45 W/m2K
Ustálený měrný tok zeminou Hg:	13,478 W/K
<u>Celkový ustálený měrný tok zeminou Hg:</u>	<u>13,478 W/K</u>
..... a příslušnými tep. vazbami Hg, tb:	1,872 W/K
Kolísání celk. ekv. měsíčních měrných toků Hg,m:	od 13,478 do 13,478 W/K

Solární zisky stavebními konstrukcemi zóny č. 1 :

Zeměpisná šířka lokality: 45,0 st. sev. šířky

Celk. Název výplně otvoru F,fin	Orientace	Markýza		Levá stěna		Pravá stěna	
		Úhel	F,ov	Úhel	F,finL	Úhel	F,finR
Prosklená stěna horní 1,000	J	-----	0,550	-----	-----	-----	-----
Prosklená stěna dolní 1,000	J	-----	1,000	-----	-----	-----	-----
Okna západ 1,000	Z	-----	1,000	-----	-----	-----	-----
Okna sever 1,000	S	-----	1,000	-----	-----	-----	-----
Okna východ 1,000	V	76,0°	0,378	0,0°	1,000	0,0°	1,000
Prosklené dveře východ 1,000	V	-----	0,550	-----	-----	-----	-----
Střešní okna východ 1,000	V	-----	1,000	-----	-----	-----	-----

Název výplně otvoru	Orientace	Okolí / Horiz.		Celkový činitel Fsh	Způsob stanovení celk. činitele stínění
		Úhel	F,hor		
Prosklená stěna horní	J	-----	1,000	0,550	přímé zadání uživatelem
Prosklená stěna dolní	J	-----	1,000	1,000	přímé zadání uživatelem
Okna západ	Z	-----	1,000	1,000	přímé zadání uživatelem
Okna sever	S	-----	1,000	1,000	přímé zadání uživatelem
Okna východ 13790	V	0,0°	1,000	0,378	příloha G v EN ISO
Prosklené dveře východ	V	-----	1,000	0,550	přímé zadání uživatelem
Střešní okna východ	V	-----	1,000	1,000	přímé zadání uživatelem

Vysvětlivky: F,ov je korekční činitel stínění markýzou, F,finL je korekční činitel stínění levou boční stěnou/žebrem (při pohledu zevnitř), F,finR je korekční činitel stínění pravou boční stěnou, F,fin je souhrnný korekční činitel stínění bočními stěnami, F,hor je korekční činitel stínění horizontem (okolím budovy) a úhel je příslušný stínicí úhel.

Název konstrukce	Plocha [m2]	g/alfa [-]	Fgl/Ff [-]	Fc,h/Fc,c [-]	Fsh [-]
Orientace					
Prosklená stěna horní	14,4	0,7	0,7/0,3	1,00/1,00	0,55 J (90°)
Prosklená stěna dolní	14,5	0,7	0,7/0,3	1,00/0,10	1,0 J (90°)
Okna západ	6,23	0,7	0,7/0,3	1,00/0,10	1,0 Z (90°)
Okna sever	4,55	0,7	0,7/0,3	1,00/1,00	1,0 S (90°)
Okna východ	1,43	0,7	0,7/0,3	1,00/1,00	0,378 V (90°)
Prosklené dveře východ	3,86	0,7	0,7/0,3	1,00/1,00	0,55 V (90°)
Střešní okna východ	4,5	0,7	0,7/0,3	1,00/0,10	1,0 V (45°)

Vysvětlivky: g je propustnost slunečního záření zasklení v průsvitných konstrukcích; alfa je pohltivost slunečního záření vnějšího povrchu neprůsvitných konstrukcí; Fgl je korekční činitel zasklení (podíl plochy zasklení k celkové ploše okna); Ff je korekční činitel rámu (podíl plochy rámu k celk. ploše okna); Fc,h je korekční činitel clonění pohyblivými clonami pro režim vytápění; Fc,c je korekční činitel clonění pro režim chlazení a Fsh je korekční činitel stínění nepohyblivými částmi budovy a okolní zástavbou.

Celkový solární zisk konstrukcemi Qs (MJ):

Měsíc:	1	2	3	4	5	6
Zisk (vytápění):	1613,5	2521,1	3954,8	5087,9	5599,3	5267,2
Měsíc:	7	8	9	10	11	12
Zisk (vytápění):	5231,6	5703,3	4270,3	3695,0	2101,9	1340,0

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO JEDNOTLIVÉ ZÓNY :

VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO ZÓNU Č. 1 :

Název zóny: Pobytové místnosti
Vnitřní teplota (zima/léto): 20,0 C / 20,0 C
Zóna je vytápěna/chlazená: ano / ne
Regulace otopné soustavy: ano

Měrný tepelný tok větráním Hv: 14,305 W/K

Měrný tok prostupem do exteriéru Hd a celkový	
měrný tok prostupem tep. vazbami H,tb:	75,725 W/K
Ustálený měrný tok zeminou Hg:	13,478 W/K
Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory Hu,t:	---
Měrný tok větráním nevytápěnými prostory Hu,v:	---
Měrný tok Trombeho stěnami H,tw:	---
Měrný tok větranými stěnami H,vw:	---
Měrný tok prvky s transparentní izolací H,ti:	---
Přídavný měrný tok podlahovým vytápěním dHt:	---
Výsledný měrný tok H:	103,508 W/K

Potřeba tepla na vytápění po měsících:

Měsíc	Q,H,ht[GJ]	Q,int[GJ]	Q,tec[GJ]	Q,sol[GJ]	Q,gn [GJ]	Eta,H [-]	fH [%]	
	Q,H,nd[GJ]							
1	5,905	1,428	---	1,614	3,042	0,960	100,0	2,984
2	5,033	1,185	---	2,521	3,706	0,895	100,0	1,718
3	4,519	1,221	---	3,955	5,176	0,736	64,5	0,708
4	3,193	1,102	---	5,088	6,190	0,516	0,0	---
5	1,857	1,074	---	5,599	6,673	0,278	0,0	---
6	1,046	1,019	---	5,267	6,286	0,166	0,0	---
7	0,554	1,052	---	5,232	6,284	0,088	0,0	---
8	0,582	1,074	---	5,703	6,777	0,086	0,0	---
9	1,744	1,110	---	4,270	5,381	0,324	0,0	---
10	3,244	1,217	---	3,695	4,912	0,608	17,0	0,259
11	4,507	1,265	---	2,102	3,367	0,891	100,0	1,508
12	5,406	1,419	---	1,340	2,760	0,961	100,0	2,753

Vysvětlivky: Q,H,ht je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty; Q,int jsou vnitřní tepelné zisky; Q,tec jsou tepelné zisky způsobené provozem ventilátorů a ztrátami z rozvodů teplé vody a akumulacích nádrží; Q,sol jsou solární tepelné zisky; Q,gn jsou celkové tepelné zisky; Eta,H je stupeň využitelnosti tepelných zisků; fH je část měsíce, v níž musí být zóna s regulovaným vytápěním vytápěna, a Q,H,nd je potřeba tepla na vytápění.

Potřeba tepla na vytápění za rok Q,H,nd: 9,931 GJ

Roční energetická bilance výplní otvorů:

Název výplně otvoru	Orientace	Ql [GJ]	Qs,ini [GJ]	Qs [GJ]	Qs/Ql	U,eq,min	
U,eq,max							
Prosklená stěna horní	J	3,661	10,168	4,630	1,26	-0,6	0,2
Prosklená stěna dolní	J	3,686	18,616	8,476	2,30	-1,7	-0,1
Okna západ	Z	1,584	6,166	2,277	1,44	-1,7	0,4
Okna sever	S	1,157	2,458	0,883	0,76	-0,7	0,5
Okna východ	V	0,364	0,535	0,198	0,54	-0,2	0,6
Prosklené dveře východ	V	0,981	2,101	0,776	0,79	-0,6	0,5
Střešní okna východ	V	1,144	6,341	2,277	1,99	-2,7	0,3

Vysvětlivky: Ql je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty prostupem za rok; Qs,ini jsou celkové solární zisky za rok; Qs jsou využitelné solární zisky za rok; Qs/Ql je poměr ukazující, kolikrát jsou využitelné solární zisky vyšší než ztráty prostupem, U,eq,min je nejnižší ekvivalentní součinitel prostupu tepla okna (rozdíl Ql-Qs vydělený plochou okna a počtem denostupňů) během roku a U,eq,max je nejvyšší ekvivalentní součinitel prostupu tepla okna během roku.

Produkce energie sol. systémy a kogenerací po měsících:

Měsíc	Q,SC,ini[GJ]	Q,SC,W[GJ]	Q,SC,ht[GJ]	Q,PV,el[GJ]	Q,CHP,el[GJ]	Q,r [GJ]
1	---	---	---	0,280	---	---
2	---	---	---	0,465	---	---
3	---	---	---	0,794	---	---
4	---	---	---	1,128	---	---
5	---	---	---	1,354	---	---
6	---	---	---	1,279	---	---
7	---	---	---	1,276	---	---
8	---	---	---	1,328	---	---
9	---	---	---	0,913	---	---
10	---	---	---	0,696	---	---
11	---	---	---	0,359	---	---
12	---	---	---	0,221	---	---

Způsob využití elektřiny z FV systému: uvnitř v zóně

Elektřina využita postupně pro: osvětlení

Vysvětlivky: Q,SC,ini je celková výchozí produkce energie solárními kolektory před odečtením ztrát energie, ke kterým dochází v rozvodech solární soustavy a v solárním akumulacím zásobníku; Q,SC,W je produkce energie solárními kolektory použitá pro přípravu TV; Q,SC,ht je produkce energie solárními kolektory použitá pro vytápění; Q,PV,el je produkce elektřiny fotovoltaickým systémem; Q,CHP,el je produkce elektřiny kogeneračními jednotkami a Q,r je zpětně získané teplo např. z odpadů.

Energie dodaná do zóny po měsících:

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,F[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]	
Q,fuel[GJ]								
1	4,085	---	---	0,155	1,033	0,938	0,093	6,303
2	2,414	---	---	0,140	1,003	0,696	0,084	4,337
3	1,112	---	---	0,155	1,033	0,641	0,065	3,006
4	---	---	---	0,150	1,023	0,507	0,013	1,693
5	---	---	---	0,155	1,033	0,432	0,013	1,633
6	---	---	---	0,150	1,023	0,388	0,013	1,574
7	---	---	---	0,155	1,033	0,401	0,013	1,602
8	---	---	---	0,155	1,033	0,432	0,013	1,633
9	---	---	---	0,150	1,023	0,519	0,013	1,705
10	0,526	---	---	0,155	1,033	0,635	0,027	2,376
11	2,152	---	---	0,150	1,023	0,740	0,090	4,154
12	3,784	---	---	0,155	1,033	0,925	0,093	5,989

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinností technických systémů.

Celková roční dodaná energie Q,fuel: 36,005 GJ

Průměrný součinitel prostupu tepla zóny

Měrný tepelný tok prostupem obálkou zóny Ht: 89,2 W/K

Plocha obalových konstrukcí zóny: 424,8 m²

Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) U_{em},N,20: 0,46 W/m²K

Průměrný součinitel prostupu tepla zóny U_{em}: 0,21 W/m²K

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO CELOU BUDOVU :

Faktor tvaru budovy A/V: 0,76 m²/m³

Rozložení měrných tepelných toků

Zóna	Položka	Plocha [m ²]	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
1	Celkový měrný tok H:	---	103,508	100,00 %
z toho:	Měrný tok větráním Hv:	---	14,305	13,82 %
	Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	---	13,478	13,02 %
	Měrný tok přes nevytápěné prostory Hu:	---	---	0,00 %
	Měrný tok tepelnými vazbami H _t b:	---	8,496	8,21 %
	Měrný tok do ext. plošnými kcmi Hd,c:	---	67,229	64,95 %
rozložení měrných toků po konstrukcích:				
	Obvodová stěna:	173,1	20,671	19,97 %
	Střecha:	106,9	10,690	10,33 %
	Podlaha:	93,6	13,478	13,02 %
	Otvorová výplň:	16,2	11,319	10,94 %
	Prosklená stěna dolní:	14,5	10,150	9,81 %
	Okna západ:	6,2	4,361	4,21 %
	Okna sever:	4,6	3,185	3,08 %
	Okna východ:	1,4	1,001	0,97 %
	Prosklené dveře východ:	3,9	2,702	2,61 %
	Střešní okna východ:	4,5	3,150	3,04 %

Měrný tok budovou a parametry podle starších předpisů

Součet celkových měrných tepelných toků jednotlivými zónami Hc: 103,508 W/K

Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 555,8 m³

Tepelná charakteristika budovy podle ČSN 730540 (1994): 0,19 W/m³K

Spotřeba tepla na vytápění podle STN 730540, Zmena 5 (1997): 13,7 kWh/(m³.a)

Poznámka: Orientační tepelnou ztrátu budovy lze získat vynásobením součtu měrných toků jednotlivých zón Hc působícím teplotním rozdílem mezi interiérem a exteriérem.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Měrný tepelný tok prostupem obálkou budovy Ht:	89,2 W/K
Plocha obalových konstrukcí budovy:	424,8 m ²
Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) U _{em,N,20} :	0,46 W/m ² K
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em}:	0,21 W/m²K

Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy:	9,931 GJ	2,759 MWh
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	555,8 m ³	
Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy:	187,2 m ²	
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m ³):	5,0 kWh/(m ³ .a)	

Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 15 kWh/(m².a)

Hodnota byla stanovena pro počet denostupňů D = 3200.

Poznámka: Měrná potřeba tepla je stanovena bez vlivu účinností systémů výroby, distribuce a emise tepla.

Produkce energie sol. systémy a kogenerací v budově a její využití v energ. bilanci

Měsíc	Q,SC,W[GJ]	Q,SC,ht[GJ]	Q,MAX,el[GJ]	Q,PV,el[GJ]	Q,CHP,el[GJ]	Q,r		
[GJ]								
				k dispozici	využito	k dispozici	využito	
1	---	---	12,606	0,280	0,280	---	---	---
2	---	---	8,673	0,465	0,465	---	---	---
3	---	---	6,013	0,794	0,641	---	---	---
4	---	---	3,386	1,128	0,507	---	---	---
5	---	---	3,266	1,354	0,432	---	---	---
6	---	---	3,147	1,279	0,388	---	---	---
7	---	---	3,204	1,276	0,401	---	---	---
8	---	---	3,266	1,328	0,432	---	---	---
9	---	---	3,410	0,913	0,519	---	---	---
10	---	---	4,752	0,696	0,635	---	---	---
11	---	---	8,309	0,359	0,359	---	---	---
12	---	---	11,978	0,221	0,221	---	---	---

Vysvětlivky: Q_{SC,W} je produkce energie solárními kolektory použitá pro přípravu teplé vody; Q_{SC,ht} je produkce energie solárními kolektory použitá pro vytápění; Q_{MAX,el} je maximální započitatelná produkce exportované elektřiny (omezení v rámci výpočtu primární energie); Q_{PV,el} je produkce elektřiny fotovoltaickým systémem (celková i využitá při výpočtu primární energie); Q_{CHP,el} je produkce elektřiny kogeneračními jednotkami (celková i využitá při výpočtu primární energie) a Q_r je zpětné získané teplo např. z odpadů.

Celková energie dodaná do budovy

Měsíc	Q _{f,H} [GJ]	Q _{f,C} [GJ]	Q _{f,RH} [GJ]	Q _{f,F} [GJ]	Q _{f,W} [GJ]	Q _{f,L} [GJ]	Q _{f,A} [GJ]	Q _{fuel} [GJ]
1	4,085	---	---	0,155	1,033	0,938	0,093	6,303
2	2,414	---	---	0,140	1,003	0,696	0,084	4,337
3	1,112	---	---	0,155	1,033	0,641	0,065	3,006
4	---	---	---	0,150	1,023	0,507	0,013	1,693
5	---	---	---	0,155	1,033	0,432	0,013	1,633
6	---	---	---	0,150	1,023	0,388	0,013	1,574
7	---	---	---	0,155	1,033	0,401	0,013	1,602
8	---	---	---	0,155	1,033	0,432	0,013	1,633
9	---	---	---	0,150	1,023	0,519	0,013	1,705
10	0,526	---	---	0,155	1,033	0,635	0,027	2,376
11	2,152	---	---	0,150	1,023	0,740	0,090	4,154
12	3,784	---	---	0,155	1,033	0,925	0,093	5,989

Vysvětlivky: Q_{f,H} je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q_{f,C} je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q_{f,RH} je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q_{f,F} je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q_{f,W} je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q_{f,L} je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q_{f,A} je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q_{fuel} je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinností technických systémů.

Dodané energie:

Vyp.spotřeba energie na vytápění za rok Q _{fuel,H} :	14,073 GJ	3,909 MWh	21 kWh/m ²
Pomocná energie na vytápění Q _{aux,H} :	0,529 GJ	0,147 MWh	1 kWh/m ²
Dodaná energie na vytápění za rok EP,H:	14,602 GJ	4,056 MWh	22 kWh/m²
Vyp.spotřeba energie na chlazení za rok Q _{fuel,C} :	---	---	---

Pomocná energie na chlazení Q _{aux,C} :	---	---	---
Dodaná energie na chlazení za rok EP,C:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na úpravu vlhkosti Q _{fuel,RH} :	---	---	---
Pomocná energie na úpravu vlhkosti Q _{aux,RH} :	---	---	---
Dodaná energie na úpravu vlhkosti EP,RH:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na nucené větrání Q _{fuel,F} :	1,826 GJ	0,507 MWh	3 kWh/m ²
Pomocná energie na nucené větrání Q _{aux,F} :	---	---	---
Dodaná energie na nuc.větrání za rok EP,F:	1,826 GJ	0,507 MWh	3 kWh/m²
Vyp.spotřeba energie na přípravu TV Q _{fuel,W} :	12,322 GJ	3,423 MWh	18 kWh/m ²
Pomocná energie na přípravu teplé vody Q _{aux,W} :	---	---	---
Dodaná energie na přípravu TV za rok EP,W:	12,322 GJ	3,423 MWh	18 kWh/m²
Vyp.spotřeba energie na osvětlení a spotř. Q _{fuel,L} :	7,255 GJ	2,015 MWh	11 kWh/m ²
Dodaná energie na osvětlení za rok EP,L:	7,255 GJ	2,015 MWh	11 kWh/m²
Celková roční dodaná energie Q_{fuel}=EP:	36,005 GJ	10,001 MWh	53 kWh/m²